

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Entrainement par intervalles à haute intensité de faible volume combiné à une alimentation
à faible indice glycémique chez les femmes âgées ayant un diabète de type 2.

Par

Alexis Marcotte Chénard

Mémoire présenté à la Faculté des sciences de l'activité physique

En vue de l'obtention du grade de

Maîtrise en sciences (M.Sc.)

Maîtrise en sciences de l'activité physique

Sherbrooke, novembre 2018

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté des sciences de l'activité physique

Entraînement par intervalles à haute intensité de faible volume combiné à une alimentation à faible indice glycémique chez les femmes âgées ayant un diabète de type 2.

Alexis Marcotte Chénard, B.Sc.

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Pre Eléonor Riesco, Ph.D.

Directrice de recherche

Pre Isabelle J. Dionne, Ph.D

Membre interne du comité

Pr Normand G. Boulé, Ph.D.

Membre externe du comité

Mémoire accepté le vendredi 11 janvier 2019

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier tous ceux et celles qui m'ont permis de cheminer avec succès vers l'obtention de ma maîtrise. Je tiens à remercier plus particulièrement ma directrice Eléonor Riesco qui a su m'encourager et me motiver tout au long de ma maîtrise. Que ce soit pour son écoute active, sa disponibilité, son support ou bien ses qualités de chercheuse, madame Riesco aka madame Yo, m'a permis d'accroître mes connaissances et de m'outiller pour mener une future carrière dans le monde de la recherche.

Je tiens aussi à remercier tous ceux qui m'ont aidé activement dans la réalisation de ce projet. Sans vous rien de cela n'aurait été possible. Je remercie aussi tous mes collègues du centre de recherche sur le vieillissement, qui ont fait de mes études un séjour inoubliable. De plus, je tiens à remercier les nombreuses participantes du projet HIIT-DT2 qui m'ont donné de leur temps et qui m'ont fait sourire toutes les semaines. Je remercie aussi la Faculté des sciences de l'activité physique, le Centre de recherche sur le vieillissement et le Réseau québécois de la recherche sur le vieillissement pour leur appui financier.

Je remercie mon père et ma mère pour leur soutien, leur compréhension et surtout pour leur confiance inconditionnelle à mon égard. Je remercie particulièrement ma sœur Sophie Marcotte Chénard qui a su m'aider dans mon cheminement universitaire et qui m'a consacré des centaines d'heures au téléphone afin de résoudre mes nombreux dilemmes sur tout et n'importe quoi. Enfin, merci à ma meilleure amie, ma confidente, mon amoureuse, Laurence Laprise qui a su me supporter lors des moments difficiles et qui m'a encouragé au quotidien.

SOMMAIRE

Introduction

Diabète Canada recommande, en outre, d'adopter une alimentation à faible indice glycémique (FIG) et 150 min/semaine d'exercice aérobie continu d'intensité modérée (MICT) afin de favoriser un bon contrôle de la glycémie et du fait même, diminuer le risque des maladies cardiovasculaires. L'impact de l'entraînement par intervalles à haute intensité de faible volume (HIIT; 75 min/semaine) combiné à une alimentation à FIG demeure inconnu, particulièrement chez les personnes âgées, malgré les bénéfices que ce type d'entraînement semble procurer chez les individus ayant un diabète de type 2 (DT2).

Objectifs

Chez des femmes âgées ayant un DT2 et physiquement inactives:

- 1) Comparer les effets d'un programme de 12 semaines combinant le HIIT et une alimentation à FIG à ceux obtenus en suivant les recommandations en matière d'activité physique de Diabète Canada sur le contrôle glycémique, l'atteinte des cibles thérapeutiques, la composition corporelle et la capacité physique.
- 2) Confirmer l'acceptabilité d'un programme de HIIT de faible volume (75 min/semaine).

Méthodologie

Protocole et participants : Suite à la confirmation de l'éligibilité, les participantes étaient invitées au Centre de Recherche sur le Vieillessement (CdRV) afin de réaliser les évaluations pré-intervention (visites 1 et 2). Suite à 12 semaines d'intervention, les mêmes mesures étaient faites selon les mêmes conditions. Pour cette étude pilote, un total de 14 femmes âgées ($67,7 \pm 3,2$ ans) ayant un DT2 (sans insuline), physiquement inactives (< 75 min/semaine d'exercice structuré et planifié) ont été randomisées dans un des deux groupes suivants: 1) HIIT + alimentation à FIG (**HIIT**; $n=7$) et 2) Entraînement aérobie continu d'intensité modérée (MICT) + alimentation à FIG (**MICT** ; $n=7$).

Interventions : Chaque entraînement était réalisé à raison de 3 séances par semaine et débutait par un échauffement et se terminait par un retour au calme. Le HIIT de faible volume consistait à 6 blocs de la séquence suivante : 1 min à 90 % de la fréquence cardiaque de réserve (FCR) + 2 min de repos actif à 40 % FCR pour un total de 75 minutes par semaine. Ceci incluait l'échauffement, le retour au calme et une période de 2 min de repos actif à 40 % FCR entre les 3 premiers et 3 derniers blocs de HIIT. Le MICT consistait à 50 minutes à 55 % FCR (incluant l'échauffement, le retour au calme) pour un total de 150 min/semaine. Les entraînements étaient réalisés sur tapis roulant pendant une période de 12 semaines. Le protocole HIIT fut développé afin de représenter 50 % de la durée et de la dépense énergétique estimée du MICT. Enfin, avec l'aide d'une nutritionniste, les aliments à IG élevé étaient remplacés par des aliments ayant un FIG (IG < 55).

Variables d'intérêt et méthodes de mesure : L'acceptabilité fut mesurée à l'aide de cinq variables : 1) le nombre d'abandons, 2) la présence lors des 36 entraînements, 3) l'atteinte de la FCR cible ($\pm 5\%$), 4) le nombre d'événements indésirables et 5) le nombre de refus de participer au HIIT. Par la suite, chacune de ces variables a été comparée entre le groupe HIIT et MICT. Une prise de sang à jeun (12 h) a permis d'obtenir les mesures pour le contrôle glycémique (HbA1c, glucose et insuline à jeun) et le profil lipidique (cholestérol total, HDL-C, LDL-C, non-HDL-C, triglycérides). La mesure de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque (FC) fut effectuée après 30 minutes de repos en position couchée à l'aide d'un sphygmomanomètre manuel. La création d'une variable dichotomique a permis d'évaluer l'atteinte des trois cibles thérapeutiques (HbA1c < 7,0 %; LDL-C < 2 mmol/L; pression artérielle au repos < 130/80 mmHg). Le poids et la taille furent mesurés grâce à une balance électronique et un stadiomètre mural. La mesure de la masse grasse totale et de la masse maigre totale et appendiculaire (iDXA) fut effectuée à jeun. La capacité cardiorespiratoire fut évaluée grâce à un test maximal sur tapis roulant (protocole *Ball State University*) avec la mesure des échanges gazeux (calorimétrie indirecte) et de l'activité cardiaque (ECG) en continu. Les autres composantes de la capacité physique furent mesurées à l'aide de test de force maximal ainsi que de certains tests provenant du « *Senior*

Fitness Test », soit; le test d'équilibre unipodal, de lever de chaise, de flexibilité de la chaîne postérieure ainsi que le test de marche de 6 minutes.

Variables de contrôle et méthodes de mesure: Afin de contrôler pour les habitudes alimentaires, les participantes devaient remplir un journal alimentaire de 3 jours non consécutifs. Le niveau d'activité physique était estimé à l'aide du questionnaire PASE (*Physical Activity Scale for the Elderly*) en pré- et post-intervention.

Résultats

Douze semaines d'entraînement de HIIT et de MICT combiné à une alimentation à FIG engendrent des bénéfices comparables sur la composition corporelle, le glucose et l'insuline à jeun ainsi que sur la pression artérielle systolique et diastolique au repos (tous les $p \leq 0,05$). De plus, lorsque les deux groupes sont combinés, on observe une tendance quant à l'augmentation de la proportion de femmes atteignant la triple cible thérapeutique ($p = 0,06$). Concernant la capacité physique, le VO_2 pic et la distance parcourue lors du test de marche de 6 minutes ont augmenté dans les deux groupes ($p \leq 0,05$), sans aucune différence entre eux ($p = 0,17$). Une augmentation de la force de préhension est observée dans les deux groupes ($p = 0,007$) avec une différence significative entre les groupes ($p = 0,002$), démontrant une augmentation plus importante dans le groupe HIIT. Aucune différence entre les groupes avant l'intervention, ni aucun changement en réponse aux 12 semaines d'intervention ne fut observé concernant l'apport énergétique et la consommation des différents macronutriments, ainsi que pour le niveau d'activité physique.

Concernant l'acceptabilité, alors qu'un abandon non relié à l'intervention est survenu dans le groupe MICT, il n'y a eu aucun abandon dans le groupe HIIT. La présence aux entraînements n'est pas significativement différente entre le HIIT et le MICT (94,8 % et 97,2 %, respectivement) et l'atteinte des FCR cibles est de 42,9 % dans le groupe HIIT et de 28,6 % dans le groupe MICT. Un seul événement indésirable sur 249 entraînements est survenu dans le groupe HIIT: incontinence urinaire. Enfin, aucune participante n'a refusé l'entraînement de type HIIT ou MICT lorsqu'il fut proposé.

Conclusion

Les résultats de cette étude pilote nous démontrent que le HIIT de faible volume est une stratégie efficace (temps versus bénéfices) pour les femmes âgées ayant un DT2 suivant une alimentation à FIG, comme recommandée par Diabète Canada. D'un point de vue clinique, les résultats de cette étude supportent l'utilisation du HIIT de faible volume lorsqu'une alimentation à FIG est adoptée afin d'améliorer l'atteinte des cibles thérapeutiques, le contrôle glycémique, la composition corporelle ainsi que de la capacité physique.

Table des matières

REMERCIEMENTS	4
SOMMAIRE	5
LISTE DES TABLEAUX	11
LISTE DES FIGURES	12
DÉFINITIONS.....	13
ABRÉVIATIONS	14
I. INTRODUCTION	15
II. REVUE DE LITTÉRATURE	18
2.1 Diabète de type 2 (DT2) : définition et diagnostic	18
2.2 Prévalence du diabète de type 2.....	20
2.2.1 Répercussions sociétales et individuelles du DT2	21
2.3 Prise en charge du DT2	24
2.3.1 Recommandations en matière d'alimentation	26
2.3.2 Recommandations en matière d'exercice	28
2.3.2.1 Entraînement aérobic continu à intensité modérée (MICT)	29
2.3.2.2 Entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT)	32
2.3.2.3 Effets du HIIT comparativement au MICT dans un contexte de dépense énergétique isocalorique	33
2.3.2.4 Le HIIT de faible volume	36
2.4 Problématique	40
2.5 Objectifs et hypothèses de recherche	41
III. MÉTHODOLOGIE	42
3.1 Devis et protocole de recherche	42
3.2 Participantes.....	43
3.3 Intervention.....	44
3.3.1 Entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) de faible volume	45
3.3.2 Entraînement aérobic continu à intensité modérée (MICT)	47
3.3.3 Alimentation à faible indice glycémique (FIG)	47
3.4 Variables d'intérêt et méthodes de mesure	48
3.4.1 Anthropométrie et composition corporelle.....	48
3.4.2 Contrôle glycémique et profil métabolique à jeun.....	48
3.4.3 La triple cible thérapeutique	49
3.4.4 Pression artérielle.....	49
3.4.5 Risque de maladie cardiovasculaire sur 10 ans : le score de Framingham.....	49
3.4.6 Capacité physique	50
3.4.7 Acceptabilité.....	52
3.4.8 Variables de contrôle	52

3.4.8.1 Habitudes alimentaires	52
3.4.8.2 Niveau d'activité physique et dépense énergétique	53
3.5 Analyses statistiques.....	54
IV. RÉSULTATS.....	55
4.1 Caractéristiques de la population avant l'intervention.....	55
4.2 Effet des 12 semaines d'intervention sur les mesures anthropométriques et la composition corporelle.....	55
4.3 Effet des 12 semaines d'intervention sur le profil métabolique et les cibles thérapeutiques.....	57
4.4 Effet des 12 semaines d'intervention sur la capacité physique	59
4.5 Acceptabilité.....	61
4.6 Variables de contrôle	62
V. DISCUSSION.....	64
VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	73
RÉFÉRENCES	75
ANNEXE 1 : Protocole d'entraînement HIIT	92
ANNEXE 2 : Ball State University/Bruce ramp.....	93
ANNEXE 3 : Outil aide mémoire de l'indice glycémique	94

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Méthodes diagnostic du diabète de type 2

Tableau 2. Caractéristiques de la population en pré-intervention

Tableau 3. Anthropométrie et composition corporelle

Tableau 4. Profil métabolique à jeun et pression artérielle de repos

Tableau 5. Capacité physique

Tableau 6. Apport énergétique et macronutriments

Tableau 7. Protocole d'entraînement HIIT

Tableau 8. Ball State University/Bruce ramp protocole

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Pourcentage d'individus ayant rapporté avoir le diabète de type 2 en 2014 au Canada

Figure 2. Organisation temporelle du projet de recherche

Figure 3. CONSORT : Organigramme de recrutement comprenant le nombre d'abandons et les données analysées.

Figure 4. Protocole d'entraînement HIIT de faible volume

Figure 5. Protocole d'entraînement MICT

Figure 6. Changement de la masse grasse du tronc

Figure 7. Atteinte de la triple cible thérapeutique avant et après l'intervention

Figure 8. Acceptabilité du HIIT de faible volume

DÉFINITIONS

MICT : *Moderate-intensity continuous aerobic training* - Entraînement aérobic continu d'intensité modérée.

L'entraînement continu à intensité modérée est défini comme étant un effort physique se trouvant dans une intensité entre 40 et 59 % du VO₂ max et durant en moyenne entre 20 et 60 minutes (Keating, Johnson, Mielke et Coombes, 2017, *Traduction libre*)

HIIT : *High-intensity interval training* - Entraînement par intervalles à haute intensité.

L'entraînement par intervalles à haute intensité est défini comme une période d'effort entre 80 et 90 % du VO₂ max, durant entre 60 et 240 secondes et étant entrecoupé de périodes de repos actives ou passives. L'intensité de l'effort physique doit toujours être sous-maximale (Keating, Johnson, Mielke et Coombes, 2017, *Traduction libre*)

SIT : *Sprint intervals training* - Entraînement avec sprints supra-maximaux.

L'entraînement avec sprints supra-maximaux est défini comme un effort de type « *all out* » (plus de 100 % du VO₂ max) entrecoupé de périodes de repos. La durée de ces intervalles est habituellement entre 8 et 30 secondes (Keating, Johnson, Mielke et Coombes, 2017, *Traduction libre*)

ABRÉVIATIONS

CHOL-Total : Cholestérol total

DT2 : Diabète de type 2

EUP : Test d'équilibre unipodale

FC : Fréquence cardiaque

FCR : Fréquence cardiaque de réserve

FIG : Faible indice glycémique

FSIVGTT : *Frequently sample intravenous glucose tolerance test*

HbA1c : Hémoglobine glycosylée

HDL-C : Lipoprotéine de forte densité

HIIT : Entrainement par intervals de haute intensité

HPGO : Hyperglycémie provoquée par voie orale

IG : Indice glycémique

IMC : Indice de masse corporelle

LDL-C : Lipoprotéine de faible densité

MCV : Maladie cardiovasculaire

MG : Masse grasse

MICT : Entrainement continu d'intensité modéré

MM : Masse maigre

Non-HDL-C : L'ensemble du cholestérol ne comprenant pas les HDL-C

PAD : Pression artérielle diastolique

PAS : Pression artérielle systolique

TDC : Test de levé de chaise

TDM6 : Test de marche de 6 minutes

1-RM : Une répétition maximale

I. INTRODUCTION

Le diabète de type 2 (DT2) connaît une dramatique augmentation depuis les dernières années et ce, principalement chez les personnes âgées (Statistiques Canada, 2014). En effet, 3,7 millions de Canadiens seront atteints du DT2 d'ici 2019 et de ceux-ci, plus de 18 % seront âgés de plus de 65 ans (Cheng et Lau., 2013; Statistique Canada, 2014). Parmi les personnes atteintes du DT2, les femmes présentent un intérêt particulier, car celles-ci semblent avoir un moins bon contrôle glycémique comparativement aux hommes (Shalev, Chodick, Heymann et Kokia., 2005), et sont donc moins susceptibles d'atteindre les recommandations d'hémoglobine glycolysée ($HbA1c < 7,0 \%$) (Nilsson, Theobald, Journath et Fritz, 2004; Wexler et al., 2005). Les femmes âgées ayant un DT2 seraient donc plus à risque de développer des complications associées au DT2 (Bash et al., 2008) et voient leur risque de mortalité prématurée augmenté (Public Health Agency of Canada, 2011). De surcroît, le DT2 est aussi associé à une diminution de la capacité physique (Gregg et al., 2000; Wei et al., 1999), pouvant du fait même augmenter le risque de comorbidités et ultimement, affecter la qualité de vie des individus aux prises avec cette pathologie (Wändell et al., 1997; Rubin et Peyrot, 1999).

Afin d'améliorer l'atteinte des cibles thérapeutiques, soit le contrôle glycémique ($HbA1c < 7,0 \%$), la pression artérielle ($< 130/80$ mmHg) ainsi que le profil lipidique ($LDL-C < 2$ mmol/L), Diabète Canada ainsi que « *The American Diabetes Association* » ont établi des recommandations (Diabète Canada, 2018; American Diabetes Association, 2016). Parmi ces recommandations, ces organismes préconisent de remplacer les aliments à indice glycémique (IG) élevé par des aliments à faible indice glycémique (FIG) dans un repas mixte standardisé. L'adoption d'une alimentation FIG est une option intéressante considérant qu'elle ne présente aucun effet délétère comparativement à d'autres types de diètes proposés par Diabète Canada (2018). En guise d'exemple, l'adoption d'une diète faible en glucides peut affecter la qualité et la proportion des macronutriments tandis qu'une alimentation végétarienne pour sa part, peut engendrer une carence en vitamine B12 (Sievenpiper et al., 2018). Dans ce contexte, l'adoption d'une alimentation FIG est une option simple, efficace et ayant prouvé son efficacité à maintes reprises dans la littérature.

De plus, il est aussi recommandé de pratiquer au moins 150 minutes d'activité physique aérobie d'intensité modérée à vigoureuse par semaine. Ces recommandations favorisent l'atteinte des trois cibles thérapeutiques (aussi nommé la triple cible thérapeutique), et du fait même diminue le risque de maladies cardiovasculaires (Statistiques Canada, 2008).

Malheureusement, en 2012 et 2013 seulement 13 % des personnes âgées entre 60 et 79 ans atteignaient les recommandations en matière d'activité physique aérobie, soit 150 minutes par semaine (Statistique Canada, 2014). Certains chercheurs se sont intéressés aux facteurs pouvant expliquer ce faible taux de pratique d'activité physique. Parmi les principaux éléments, le manque de temps et de plaisir semblent être importants (Trost et al., 2002; Stutts, 2002; Rye, Rye, Tessaro et Coffindaffer, 2009). Certaines modalités d'entraînement pourraient engendrer des bénéfices similaires et ce, en moins de temps tout en favorisant un plaisir plus important ou équivalent aux recommandations actuelles. C'est entre autres le cas de l'entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) de faible volume. En effet, il a été démontré que le HIIT engendrerait des bénéfices similaires à l'entraînement aérobie continu d'intensité modérée (MICT), tant sur le plan du contrôle glycémique (Mitranun, Deerochanawong, Tanaka et Suksum, 2014; De Nardi et al., 2018), que de la composition corporelle (Madsen et al., 2015; Terada et al., 2013). De plus, bien que les résultats puissent varier (Jung, Bourne et Little., 2014), le HIIT semblerait procurer plus de plaisir que le MICT (Jung, Bourne et Little., 2014; Bartlett et al., 2011).

Cependant, l'impact du HIIT de faible volume lorsque combiné à une alimentation à FIG chez les femmes âgées ayant un DT2 demeure inconnu bien que cette population soit particulièrement à risque de développer des comorbidités et de mortalité prématurée. Puisque le HIIT de faible volume est maintenant suggéré comme une alternative pour les personnes ayant un DT2 afin de réduire le temps de pratique ou pour les personnes n'étant pas capable de maintenir un effort continu pendant une longue période de temps (Sigal et al. 2018), il est nécessaire de confirmer son acceptabilité chez les femmes âgées inactives qui présentent un niveau de déconditionnement souvent important. D'autre part, bien que le HIIT de faible volume soit maintenant suggéré, très peu d'études ont évalué l'effet du HIIT

de faible volume sur la gestion du DT2, la composition corporelle, le profil métabolique, la capacité physique ainsi que sur l'atteinte des cibles thérapeutiques chez les personnes âgées ayant un DT2. L'étude présentée dans ce mémoire a pour objectif de comparer les effets du HIIT de faible volume à ceux du MICT lorsqu'ils sont combinés à une alimentation à FIG ainsi que de confirmer l'acceptabilité du HIIT de faible volume chez les femmes âgées inactives ayant un DT2.

II. REVUE DE LITTÉRATURE

2.1 Diabète de type 2 (DT2) : définition et diagnostic

Le DT2 est un trouble métabolique caractérisé par des hyperglycémies, causé par une anomalie de la sécrétion de l'insuline, une diminution de la sensibilité à l'insuline ou de la combinaison de ces deux facteurs (Goldenberg et Punthakee, 2013). Il est à noter que le développement de cette pathologie n'est pas un phénomène qui apparaît brutalement, mais bien un processus se déroulant sur plusieurs années. En effet, le développement du DT2 suit généralement certaines étapes. Les individus ayant un contrôle glycémique optimal auront une concentration de glucose et d'insuline à jeun dans les valeurs normales ($< 6,1$ mmol/L et entre 36 et 110 pmol/L, respectivement; Colberg et al., 2010). Les personnes développant une résistance à l'insuline auront une hyperinsulinémie compensatoire, c'est-à-dire une production excessive d'insuline, afin de favoriser la captation du glucose en fonction des besoins physiologiques. Cet état reflète une diminution de la sensibilité à l'insuline. Subséquemment, on observe une intolérance au glucose (état prédiabétique), caractérisée par une hémoglobine glyquée (HbA1c) entre 6,0 % et 6,4 %, un glucose à jeun entre 6,1 et 6,9 mmol/L ou une glycémie à 2 heures lors d'un test d'hyperglycémie provoquée par voie orale (HPGO) entre 7,8 et 11,0 mmol/L, plaçant du fait même ces individus à risque de développer le DT2 et les complications associées à cette pathologie. Il est donc important de comprendre que le DT2 se situe sur un continuum et que certains changements peuvent affecter la sévérité de la maladie et auront donc des répercussions sur le risque de comorbidités associées.

En ce qui concerne les méthodes de diagnostic du DT2, plusieurs méthodes sont utilisées, soit : la glycémie à jeun $\geq 7,0$ mmol/L, une HbA1c $\geq 6,5$ %, un glucose plasmatique $\geq 11,1$ mmol/L après un test HGPO (bolus de 75 g de glucides) ou lors d'une prise de glycémie aléatoire $\geq 11,1$ mmol/L (Tableau 1; Goldenberg et Punthakee, 2013). Afin de diagnostiquer le DT2 avec certitude, il est nécessaire que les résultats de ces différents tests soient accompagnés de symptômes d'hyperglycémie. En l'absence de symptômes associés

à l'hyperglycémie, un autre test devra être effectué un autre jour afin de confirmer ce résultat. Enfin, concernant l'HbA1c, certaines études évoquent le fait que ce ne serait pas la méthode la plus valide afin de diagnostiquer le DT2 (Gallagher, Roith et Bloomgarden., 2009; Son et al., 2013; Attard et al., 2015; Herman et al., 2007). Effectivement, Cavagnoli et collaborateurs (2017) ont démontré que les valeurs d'HbA1c peuvent varier de plus de 0,4 % entre différentes ethnies (Cavagnoli et al., 2017). De surcroît, les valeurs d'HbA1c peuvent aussi être influencées par certaines pathologies tel que l'anémie, les maladies rénales ainsi que l'arthrite rhumatoïde (Son et al., 2013). En revanche, l'HbA1c peut être mesurée à tout moment de la journée et n'est pas influencée par les fluctuations journalières comparativement à la glycémie à jeun (Goldbenberg et Punthakee, 2013). De surcroît, Rosella et collaborateurs (2015) ont démontré que chez la population canadienne, l'HbA1c permettrait d'identifier plus d'individus ayant le DT2 comparativement à la glycémie à jeun (Rosella et al., 2015). Par contre, ces résultats sont à prendre avec précaution considérant qu'il existe certaines discordances à ce sujet dans la littérature (Karnchanasorn et al., 2016).

Dans un autre ordre d'idée, la résistance à l'insuline peut aussi être mesurée sans but diagnostic. En effet, d'autres méthodes existent afin de mesurer la sensibilité à l'insuline et du fait même, évaluer la capacité des récepteurs à l'insuline à répondre adéquatement aux besoins physiologiques. C'est entre autres le cas du clamp hyperinsulinémique euglycémique ainsi que du test de suppression de l'insuline. Ces deux méthodes permettent de mesurer la sensibilité à l'insuline sur le plan périphérique (muscles et tissus adipeux). Concernant les mesures indirectes, soient le test d'HGPO et le FSIVGTT (« *Frequently sample intravenous glucose tolerance test* »), ils renseignent sur la tolérance au glucose dans le corps entier. Enfin, le HOMA-IR et le QUICKI sont des équations mathématiques indirectes nous renseignant sur la sensibilité à l'insuline globale, mais plus précisément au niveau hépatique (Bonora et al., 2000). Ces méthodes sont souvent utilisées chez une vaste population, car celles-ci ne requièrent qu'une seule prise de sang à jeun.

Tableau 1. Méthodes diagnostic du diabète de type 2

<p>Glucose à jeun $\geq 7,0$ mmol/L <i>Aucun apport calorique dans les 8 dernières heures</i> ou HbA1C $\geq 6,5\%$ <i>Mesurée selon les normes du NGSP</i> ou 2h après 75g d'un HPGO ≥ 11.1 mmol/L ou Glucose aléatoire ≥ 11.1 mmol/L <i>Aléatoire : n'importe quel moment de la journée indépendamment de l'apport alimentaire de l'individu</i></p>

HbA1c : Hémoglobine glyquée, HPGO : hyperglycémie provoquée par voie orale, NGSP : national glycohemoglobin standardization program. [Adapté de 2018 Clinical Pratique Guidelines Diabetes Canada].

2.2 Prévalence du diabète de type 2

La Fédération Internationale du Diabète a identifié le DT2 comme étant l'une des maladies les plus émergentes du 21^e siècle (2015). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, le DT2 serait la 5^e cause de mortalité dans le monde en 2015 (World Health Organization, 2016). De plus, le taux de mortalité associé à cette maladie aurait plus que doublé entre 1990 et 2010, pour atteindre plus de 3 millions de décès (Lozano et al., 2012). Au Canada, la prévalence est tout aussi inquiétante. En effet, toutes les 180 secondes, un nouveau cas de diabète est diagnostiqué, ce qui représente plus de 175 000 individus chaque année (Canadian Diabetes Association; Tsunami, 2009). En 2015, 3,4 millions de Canadiens étaient aux prises avec cette maladie, ce qui représente 9,3 % de la population (Diabetes Canada, 2018). Cette proportion augmente considérablement lorsqu'on stratifie la prévalence du diabète par groupe d'âge (Figure 1). Effectivement, la prévalence du DT2 chez les personnes âgées de 65 ans et plus a atteint 18,2 % en 2014 (Statistique Canada., 2016).

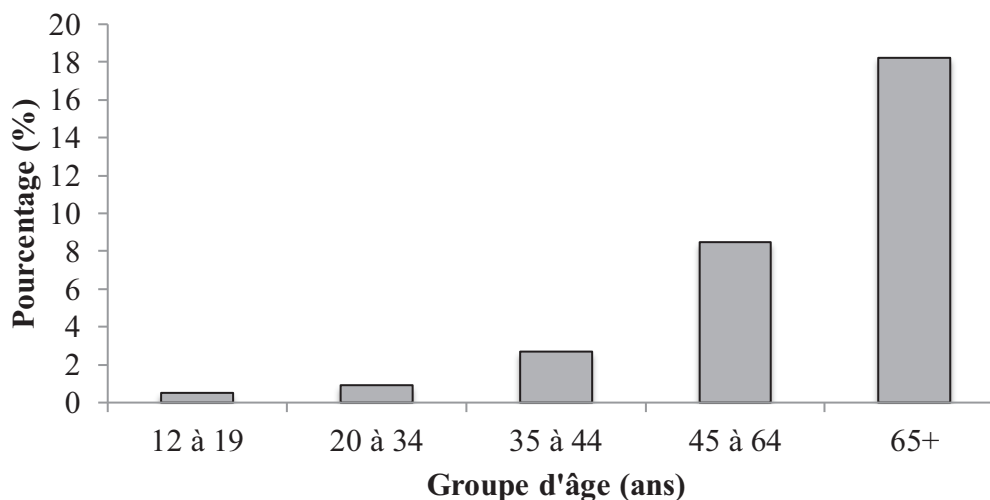


Figure 1 Pourcentage d'individus ayant rapporté avoir le diabète de type 2 en 2014 au Canada.

Données issues des données de Statistiques Canada, CANSIM, Tableau [105-0501](#), Catalogue no. [82-221-X](#). Dernière modification : 2016-03-07.

Parmi les personnes atteintes de DT2, les femmes présentent un intérêt particulier. En effet, ces dernières semblent avoir un moins bon contrôle glycémique comparativement aux hommes (Shalev, Chodick, Heymann et Kokia., 2005). De plus, il a aussi été suggéré qu'elles sont moins susceptibles d'atteindre les valeurs cibles d'hémoglobine glyquée (HbA1c < 7 %) (Wexler et al., 2005; Nilsson et al., 2004), ce qui les place plus à risque de développer des comorbidités associées au DT2 (Bash et al., 2008).

2.2.1 Répercussions sociétales et individuelles du DT2

L'augmentation de la prévalence du DT2 ne se fait pas sans répercussion sur le système de santé canadien ainsi que sur l'économie. En 2016, le coût associé à la maladie dépassait les 3,4 milliards de dollars (Canadian Diabetes Association, 2016). D'ailleurs, Anja et Laura (2017) ont estimé que le DT2 coûterait plus de 15 milliards au système de santé canadien entre 2012 et 2022. Selon leur estimation, une intervention visant une réduction de 5 % du poids corporel des personnes atteintes de DT2 pourrait engendrer une économie de 2,03 milliards de dollars (Anja et Laura., 2017).

En plus du fardeau économique que représente cette pathologie, le DT2 affecte aussi considérablement la qualité de vie des individus. Wexler et collaborateurs (2006) ont démontré que les personnes ayant un DT2 présentent une qualité de vie liée à la santé moindre que la population sans maladie chronique (Wexler et al., 2006). De plus, il semblerait que les femmes diabétiques sont plus susceptibles d'avoir une moins bonne qualité de vie comparativement aux hommes diabétiques (Wexler et al., 2006; Rubin et Peyrot, 1999). Il s'avère que le facteur influençant davantage la qualité de vie chez les personnes ayant le DT2 soit la présence de comorbidités associées (Wändell et al., 1997; Rubin et Peyrot., 1999). C'est entre autres pour cette raison qu'il est primordial de favoriser l'atteinte de la triple cible thérapeutique (*HbA1c* < 7,0 %, *LDL-C* < 2 mmol/L, *pression artérielle* < 130/80 mmHg) afin de réduire le risque de comorbidités associées à cette pathologie.

Il est à noter que certains changements d'habitudes de vie observés chez les aînés peuvent aussi contribuer au développement du DT2 ou à l'augmentation des comorbidités associées. C'est entre autres le cas de la diminution de la pratique d'activité physique et de l'augmentation du temps sédentaire (Caspersen, Pereira et Curran., 2000; De Rezende et al., 2014). En effet, ces habitudes de vie sont associées à une détérioration du profil de santé en général et sont accompagnées d'un déclin de la capacité physique chez la personne vieillissante (Milanović et al., 2013). Ce déclin de la capacité physique engendre une diminution de la pratique d'activité physique (Milanović et al., 2013) et vice-versa, entraînant possiblement la personne âgée avec un DT2 dans une spirale de déconditionnement et un risque accru de développer des comorbidités associées au DT2. Une réduction de la capacité physique est aussi fortement associée à la réduction de la qualité de vie chez les personnes ayant un DT2. Effectivement, le DT2 affecte significativement la capacité physique des individus âgés de plus de 60 ans (Gregg et al., 2000). Gregg et collaborateurs (2000) ont démontré que 32 % des femmes et 15 % des hommes ayant le DT2 présentent des incapacités lors de certaines activités telles qu'une marche de plus de 400 mètres, monter des marches ou simplement accomplir des tâches ménagères, comparativement à 14 % des femmes et 8 % des hommes n'ayant pas le

diabète. De plus, les femmes ayant le DT2 ont une vitesse de marche plus lente, un moins bon équilibre dynamique et sont plus à risque de chutes (Gregg et al., 2000). Dans cette même lignée, les personnes souffrant du DT2 sont aussi plus susceptibles d'avoir une faible capacité cardiorespiratoire (VO_2 max) (Wei et al., 1999; Sawada, Lee, Muto, Matuszaki et Blair., 2003), ce qui les rend plus à risque de mortalité prématurée (Katzmarzyk et al., 2005). Sachant qu'avec le vieillissement on observe une réduction du VO_2 max (Fleg et Lakatta., 1988), particulièrement chez les personnes inactives, ceci pourrait exacerber le risque de comorbidités, et du fait même, directement influencer la qualité de vie des personnes âgées ayant un DT2 (Wändell et al., 1997; Rubin et Peyrot., 1999). Cela démontre encore une fois la pertinence de s'intéresser aux femmes âgées diabétiques considérant les répercussions de cette pathologie sur la capacité physique et la qualité de vie.

En plus des effets sur la qualité de vie et la capacité physique, le DT2 est associé à risque accru de plusieurs comorbidités (Deshpande, Harris-Hayes et Schootman, 2008), et de mortalité prématurée (Thomason, Biddulph, Cull et Homan, 2005). En effet, un mauvais contrôle glycémique augmente le risque de développer une rétinopathie (Candrilli, Davis, Kan, Lucero et Rousculp, 2007), pouvant drastiquement affecter l'acuité visuelle. De plus, les personnes ayant un DT2 sont aussi à risque de neuropathie dont les répercussions peuvent varier en fonction des nerfs atteints ainsi que de la gravité de l'atteinte (Clements, 1979). Enfin, la néphropathie, qui est une atteinte des artères irriguant les reins, affecte entre 20 et 40 % des personnes vivant avec le DT2 (Satirapoj, 2013). Un mauvais contrôle glycémique augmenterait grandement la prévalence des problèmes rénaux et pourrait mener ultimement à l'insuffisance rénale (Tanaka et al., 1998; Molitch et al., 2002). De plus, le DT2 et un mauvais contrôle glycémique sont aussi fortement corrélés au risque de maladies cardiovasculaires (MCV) (Booth et Cheng, 2013; Kannel et McGee, 1979). En effet, les personnes diabétiques ont 3 fois plus de risque d'être hospitalisées en raison de MCV comparativement à la population en général (Booth et Cheng, 2013). Les atteintes les plus courantes sont l'infarctus du myocarde, l'accident vasculaire cérébral (AVC) ainsi que les maladies vasculaires périphériques (Agence publique de santé du Canada, 2010). À elles

seules, les MCV étaient responsables de plus de 48 000 morts au Canada en 2012, ce qui les classe au deuxième rang des causes de mortalité (Statistique Canada, 2018). Une fois de plus, un mauvais contrôle glycémique est un des facteurs contribuant fortement au développement des ces comorbidités, notamment via une augmentation de la rigidité des artères (Kawano et al., 1999), et une altération de leur capacité de vasodilatation (Kawano et al., 1999). Il n'est donc pas étonnant que le DT2 soit associé une pression artérielle élevée (Kannel et McGee, 1979).

En revanche, les individus ayant un DT2 ne présentent pas tout le même risque de développement d'une MCV. En effet, les personnes âgées représentent une population particulière, car lors du vieillissement on observe une diminution de la compliance artérielle (McVeigh et al., 1999; Van Bortel et Spek, 1998), causée par une altération des propriétés élastiques des artères, et ce, malgré l'absence de formation de plaques athéromateuses (Nagai et al., 1998; Najjar, Scuteri et Lakatta, 2005). La combinaison du vieillissement et d'une mauvaise gestion du DT2 influence le risque de MCV. Considérant l'importante augmentation de la prévalence du DT2 au Canada ainsi que les répercussions de cette pathologie sur la santé et la qualité de vie des individus, il est primordial d'intervenir adéquatement.

2.3 Prise en charge du DT2

Afin d'améliorer la gestion du DT2, des associations telles que Diabète Canada et la Fédération Internationale du Diabète ont établi des cibles cliniques. Les personnes âgées ayant un DT2 et étant fonctionnellement indépendantes devraient avoir un HbA1c inférieur ou égal à 7 % et un glucose à jeun se situant entre 4 et 7 mmol/L (Meneilly et al., 2018). De plus, selon la Fédération Internationale du Diabète, une personne âgée ayant un DT2 devrait avoir une pression artérielle au repos inférieure à 130/80 mmHg et un taux de cholestérol LDL inférieur à 2 mmol/L (Stone et al., 2018; Mancini, Hegele, Leiter et Diabète Canada Clinical Practice Guidelines Expert Committee, 2018). Il existe plusieurs façons d'atteindre ces différentes cibles cliniques, telles que le changement des habitudes

alimentaires et la pratique régulière d'activité physique. En revanche, l'approche pharmacologique demeure essentielle à la gestion du DT2. Considérant que la prescription de médication a grandement augmenté dans la dernière décennie, on pourrait espérer un meilleur contrôle glycémique chez les personnes atteintes du DT2. En revanche, peu d'individus atteignent les recommandations d'HbA1c ($\leq 7,0$ %). En effet, une revue systématique comprenant plus de 200 essais contrôlés randomisés a démontré que 25,9 % à 63,2 % des individus diabétiques ont une HbA1c inférieure 7 % (Esposito et al., 2012). Néanmoins, cette variation peut être expliquée par l'utilisation de différentes médications. D'ailleurs, Crandall et collaborateurs (2006) ont démontré que la metformine, principal agent pharmacologique utilisé pour traiter le DT2, avait un effet limité chez les personnes âgées et que les changements d'habitudes de vie pourraient être une option prometteuse (Crandall et al., 2006).

De plus, les personnes âgées atteintes du DT2 ont souvent un profil de santé plus détérioré et ont donc une médication accompagnant leur état, les exposant à un risque accru de polymédication. En plus du risque d'interaction médicamenteuse élevé (Rosholm, Bjerrum, Hallas, Worm et Gram, 1998 ; Hajjar et Cafiero, 2007), une polymédication peut augmenter le risque de comorbidités et de mortalité prématurée chez cette population (Abdulraheem, 2013). Une approche non pharmacologique est donc essentielle, particulièrement chez les personnes âgées ayant un DT2.

Plusieurs organismes, tels que Diabète Canada et « *The American Diabetes Association* » ont proposé des recommandations afin de favoriser une bonne gestion du DT2 et une réduction du risque de comorbidités. Plus précisément, Diabète Canada recommande, en outre, de remplacer les aliments à indice glycémique (IG) élevé par des aliments à faible indice glycémique (FIG; $IG < 55$) dans un repas mixte standardisé ainsi que de pratiquer 150 minutes d'activité physique aérobie d'intensité modérée à vigoureuse par semaine (Sievenpiper et al., 2018; Sigal et al., 2018). Les parties qui suivent présenteront l'état des connaissances en lien avec ces recommandations.

2.3.1 Recommandations en matière d'alimentation

Une saine alimentation est un pilier fondamental de la prise en charge du DT2. L'objectif derrière une intervention nutritionnelle est d'améliorer la qualité de vie, la santé physiologique, ainsi que de prévenir le risque de complications associées au DT2 (Sievenpiper et al., 2018). Il a été démontré à maintes reprises qu'une intervention nutritionnelle pouvait améliorer le contrôle glycémique (Pastors, Warshaw, Daly, Franz et Kulkarni, 2002) en réduisant l'HbA1c de 1 à 2 % (Pi-Sunyer et al., 1999; Franz et al., 1995; Kulkarni et al., 1998), et que ces effets sont encore plus importants lorsque ces changements sont combinés à l'activité physique (Franz et al., 1995; Kulkarni et al., 1998; Imai et al., 2008)

L'indice glycémique est une mesure relative, permettant de classer les aliments glucidiques en fonction de leur potentiel à faire augmenter la glycémie après l'ingestion (Jenkins et al., 1981). L'IG d'un aliment est faible lorsque l'IG est inférieur à 55, moyen lorsque l'IG est entre 55 et 70, et élevé lorsque l'IG est supérieur à 70 (Atkinson, Foster-Powell et Brand-Miller, 2008). En revanche, il est important de noter qu'il existe une distinction entre l'IG et la charge glycémique. En effet, la charge glycémique prend en considération l'IG des aliments ainsi la quantité totale de glucides ingérés. Considérant que Diabète Canada recommande actuellement une alimentation à FIG et non à faible charge glycémique, nous n'aborderons point ce concept. Pour cette raison, seules les interventions nutritionnelles ayant utilisé l'IG seront présentées dans le présent mémoire.

Plusieurs méta-analyses ont démontré qu'une alimentation FIG comparativement à une alimentation à IG élevé avait un effet positif sur le contrôle glycémique (Brand-Miller, Hayne, Petocz et Colagiuri, 2003; Thomas et Elliott, 2010; Goff, Cowland, Hooper et Frost, 2013). En effet, Jenkins et collaborateurs (2008), ainsi que d'autres groupes de recherche (Ajala, English et Pinkney, 2013; Brand-Miller, Hayne, Petocz et Colagiuri, 2003), ont démontré qu'une alimentation à FIG pouvait diminuer l'HbA1c de 0,50 % (Jenkins et al., 2008) et la glycémie postprandiale (Wolever et al., 2008; Barclay et al., 2008; Riccardi, Rivellese et Giacco, 2008). D'autre part, Barclay et collaborateurs (2008) ont démontré, sur

plus de 40 000 personnes, qu'une diminution de l'IG diminuait le risque relatif de MCV, de cancer du sein ainsi que de dysfonctionnement de la vésicule biliaire (Barclay et al., 2008), pathologies associées à une glycémie postprandiale plus élevée.

Il est à noter qu'une alimentation à FIG est régulièrement associée à une alimentation élevée en fibres (Jenkins et al., 2008). Les fibres ont pour effet de ralentir la digestion, et du fait même, diminuer l'élévation de la glycémie postprandiale. En plus de cet effet, un apport en fibres diminuerait légèrement la concentration de lipoprotéines de faible densité (LDL-C; Brown, Rosner, Willett et Sacks, 1999). De surcroît, Chandalia et collaborateurs (2000) ont constaté qu'une alimentation riche en fibres (50 g/jour) diminue la concentration plasmatique de glucose (~ 10 %). Les mécanismes physiologiques sous-jacents à cette diminution sont toujours peu compris. En revanche, une hypothèse proposée dans la littérature serait que les fibres réduiraient, ou du moins ralentiraient, l'absorption des glucides. Ceci permettrait de diminuer la quantité de glucose en circulation (Chandalia et al., 2000). Sachant qu'un profil lipidique altéré peut augmenter le risque de MCV chez les personnes atteintes du DT2 (Kannel, 1985), il est intéressant de noter qu'une alimentation à FIG améliore les concentrations de triglycérides, LDL-C et de lipoprotéine à densité élevée (HDL-C) (Fontvieille et al., 1992; Brand et al., 1991; Ajala, English et Pinkney, 2013; Marsh, Barclay, Colagiuri et Brand-Miller, 2011; Jenkins et al., 2008). Plusieurs mécanismes physiologiques pourraient expliquer cette amélioration du profil lipidique en réponse à une alimentation FIG. Tout d'abord, une plus faible réponse glycémique postprandiale diminuerait la synthèse hépatique de cholestérol. Ensuite, les fibres solubles, ne pouvant être digérées ou absorbées par le petit intestin, elles subissent un processus de fermentation produisant des acides gras libres à chaîne courte, tels que l'acétate et le propionate. Ces composés influencent directement le métabolisme des lipides en inhibant le métabolisme du cholestérol au niveau hépatique (Gunnness et Gidley., 2010). L'ensemble de ces mécanismes permettrait d'expliquer les effets bénéfiques d'une alimentation FIG sur le profil lipidique.

Enfin, une alimentation à FIG pourrait influencer la perte de poids (Marsh, Barclay, Colagiuri et Brand-Miller, 2011), et cela particulièrement chez les personnes en surpoids (Thomas, Elliott et Baur, 2007). Cette perte de poids serait due à une augmentation de la satiété, ainsi qu'à une diminution de l'apport calorique lors des repas subséquents (Ludwig et al., 1999; Jimenez-Cruz, Gutiérrez-González et Bacardi-Gascon, 2005; Warren, Henry et Simonite, 2003). En revanche, ces résultats ne font pas l'unanimité dans la communauté scientifique. En effet, Niwano et collaborateurs (2009) suggèrent qu'une alimentation à FIG n'affecte pas le niveau de satiété. De plus amples recherches devront être faites afin de clarifier l'impact de l'alimentation à FIG sur cet aspect en particulier. Cependant, il semble clair qu'une alimentation à FIG améliore le contrôle glycémique, et cela de façon similaire à certains agents pharmaceutiques disponibles sur le marché (Brand-Miller, Hayne, Petocz et Colagiuri, 2003). Il est donc évident que l'alimentation à FIG est un pilier important tant dans la prévention que dans le traitement du DT2 (Greenwood et al., 2013; Dong, Zhang, Zhang et Qin, 2011).

2.3.2 *Recommandations en matière d'exercice*

Diabète Canada suggère de pratiquer 150 minutes d'exercice aérobie à intensité modérée à vigoureuse par semaine, réparties sur au moins 3 jours et ce, sans passer plus de deux jours consécutifs sans exercice (Sigal et al., 2018). Lorsque ces recommandations sont suivies, elles permettent d'améliorer le contrôle glycémique, le profil lipidique, la pression artérielle et la capacité cardiorespiratoire chez les personnes atteintes du DT2. Ces améliorations du profil de santé réduisent du fait même le risque de MCV, ainsi que le risque de mortalité prématurée (Chudyk et Petrella., 2011; Colberg et al., 2016; Snowling et Hopkins, 2006; Wing et al., 2001). En revanche, il existe une multitude de modalités d'entraînement et celles-ci peuvent conférer des bénéfices différents. Parmi ceux-là, une des modalités les plus étudiées est l'entraînement aérobie continu à intensité modérée (MICT; *moderate-intensity continuous aerobic training*). Néanmoins, de plus récentes études suggèrent que l'entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT; *high-intensity interval training*) pourrait être une modalité d'entraînement plus efficace pour le contrôle glycémique et les

facteurs de risque des MCV. Les prochaines parties présenteront l'état actuel des connaissances à ce sujet.

2.3.2.1 Entraînement aérobie continu à intensité modérée (MICT)

Le MICT, qui est défini comme étant un effort physique se trouvant dans une intensité entre 40 et 59 % du VO₂ max et durant en moyenne entre 20 et 60 minutes (Keating, Johnson, Mielke et Coombes, 2017), favorise une bonne gestion du DT2 via l'amélioration du contrôle glycémique. Boulé et collaborateurs (2001) ont démontré dans une méta-analyse que le MICT engendrait une diminution de 0,66 % de l'HbA1c comparativement à un groupe témoin (sans exercice). Il est à noter que cette étude comprenait aussi des protocoles incluant des intensités plus élevées (> 60 % VO₂ max). Cette diminution est directement associée à la diminution du risque de complications associées au DT2 (Boulé, Haddad, Kenny, Wells et Sigal, 2001). Umpierre et collaborateurs (2011) ont confirmé ces résultats avec une autre méta-analyse qui démontrait une diminution de 0,73 % de l'HbA1c suite à des programmes de MICT durant en moyenne 25 semaines chez les individus ayant le DT2 (Umpierre et al., 2011). Dans cette même méta-analyse, il est aussi démontré qu'une pratique dépassant 150 min/semaine d'exercice aérobie est associée à une amélioration plus importante de l'HbA1c (-0,89 %) et qu'une pratique inférieure engendre un plus faible changement (-0,36 %). Cette méta-analyse supporte donc l'importance de l'atteinte des recommandations et suggère une relation dose-réponse. En ce qui concerne le glucose à jeun, plusieurs études, dont la méta-analyse de Jelleyman et collaborateurs (2015), ont démontré une diminution significative en réponse au MICT (Mitranun, Deerochanawong, Tanaka et Suksom, 2014; Jelleyman et al., 2015; Cassidy, Thomas, Houghton et Trenell., 2017). De surcroît, en plus de l'effet chronique, on observe aussi un effet aigu qui se traduit par une diminution de la glycémie capillaire après une seule séance d'exercice continu à intensité modérée (Zinman, Zuniga-Guajardo et Kelly., 1984). Enfin, le MICT a aussi prouvé son efficacité concernant le profil lipidique. En effet, il a été démontré que ce type d'entraînement augmente les concentrations plasmatiques de HDL-C (Mitranun,

Deerochanawong, Tanaka et Suksom, 2014) et diminue celles de LDL-C chez les personnes âgées ayant le DT2 (Hansen et al., 2009).

Néanmoins, pour obtenir ces effets sur le profil métabolique, il semble qu'une perte de masse grasse abdominale soit nécessaire (Hansen et al., 2009). Les améliorations rapportées dans la littérature sont donc cohérentes avec les résultats d'une récente méta-analyse qui démontre que le MICT entraîne une perte de masse grasse totale moyenne de 2,1 kg ainsi qu'une diminution du tour de taille d'environ 3 cm après $10,4 \pm 3,1$ semaines d'entraînement, à raison de 158 ± 45 minutes par semaine à une intensité entre 50 et 65 % du VO_2 max (Wewege et al., 2017).

Avant d'aborder les effets du MICT sur la capacité cardiorespiratoire, il est nécessaire de définir ce concept. La capacité cardiorespiratoire est une composante de la capacité physique évaluant l'habileté de l'organisme, tant au niveau cardiovasculaire, pulmonaire et musculaire, à fournir et utiliser l'oxygène en fonction des besoins physiologiques lors d'un effort soutenu (Sigal et al., 2018). La capacité cardiorespiratoire se mesure avec un test à l'effort maximal exécuté sur tapis roulant ou ergocycle et donne une valeur de VO_2 max en absolu (L/min) ou relative (mL/min/kg). Un consensus semble ressortir dans la littérature quant à l'amélioration du VO_2 max en réponse au MICT (Nielsen et al., 2006). Une méta-analyse faite par Boulé et collaborateurs (2003) comprenant des adultes (55,7 ans) ayant le DT2 a démontré une amélioration moyenne de 9,5 % du VO_2 max après 20 semaines d'entraînement, à raison de 167 minutes d'activité physique par semaine (Boulé, Kenny, Haddad, Wells et Sigal, 2003). Des résultats similaires ont été rapportés avec une amélioration moyenne du VO_2 max absolu de 0,28 L/min après 2 à 16 semaines d'intervention utilisant le MICT (Jelleyman et al., 2015). En revanche, il est à noter que ces deux méta-analyses (Boulé, Kenny, Haddad, Wells et Sigal, 2003; Jelleyman et al., 2015) ont aussi constaté qu'un entraînement réalisé à plus haute intensité engendre une plus grande amélioration de la capacité cardiorespiratoire.

Au-delà de son impact sur le VO_2 max, le MICT a aussi des bénéfices sur d'autres composantes de la capacité physique ainsi que sur la capacité fonctionnelle. En premier lieu, afin de distinguer la capacité fonctionnelle de la capacité physique, il est primordial de les définir. La capacité physique est caractérisée par l'ensemble des qualités physiologiques et neuromusculaires permettant l'exécution d'actions motrices et englobant certaines qualités tel que l'endurance, la force, la vitesse, la coordination ainsi que la souplesse (Weineck., 1994). La capacité fonctionnelle, pour sa part, est définie comme l'ensemble des capacités physique et cognitive permettant de fonctionner adéquatement au quotidien afin de répondre aux besoins fondamentaux (Evans et Campbell, 1993; Leidy, 1994). Ces deux concepts sont souvent confondus considérant que l'amélioration de la capacité physique a des répercussions positives sur la capacité fonctionnelle. Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéresserons à la capacité physique qui est mesurable par différents tests adaptés aux personnes âgées.

Il est démontré depuis longtemps que la pratique d'activité physique augmente la force musculaire, la capacité cardiorespiratoire et d'autres composantes de la capacité physique chez les personnes âgées (Cress et al., 1999). D'ailleurs, Brach et collaborateurs (Brach et al., 2004) ont démontré que 20 à 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée par jour améliorent considérablement la capacité physique comparativement aux individus âgés inactifs. L'activité physique permet donc de ralentir le déclin de la capacité physique observé lors du vieillissement. Ce déclin est souvent accentué chez les personnes ayant un DT2, et c'est pour cette raison qu'il est important d'incorporer la pratique d'activité physique dans ses habitudes de vie.

Le MICT est donc une modalité d'entraînement permettant d'améliorer le contrôle glycémique, le profil lipidique, la composition corporelle, la capacité cardiorespiratoire ainsi que d'autres composantes de la capacité physique. Cette modalité d'entraînement permet aux personnes aux prises avec le DT2 de gérer de façon efficace leur condition et donc, de réduire le risque de comorbidités et d'augmenter leur espérance de vie (Sigal et al., 2018). Malheureusement, seulement 13 % des personnes âgées entre 60 et 79 ans pratiquent

150 minutes d'activité physique aérobie à intensité modérée à vigoureuse par semaine (Statistiques Canada, 2013). Certains auteurs ont rapporté que le manque de plaisir ainsi que le manque de temps seraient deux barrières importantes à l'inactivité physique chez les personnes âgées (Kimm et al., 2006; Stutts, 2002; Trost et al., 2002). Il est donc nécessaire de trouver une stratégie favorisant la pratique d'activité physique.

C'est dans ce contexte que le HIIT de faible volume (75 min/semaine) pourrait être une option. En effet, Bartlett et collaborateurs ont démontré que le HIIT serait une modalité plus plaisante à pratiquer que le MICT (Bartlett et al., 2011). Jung et collaborateurs ont par la suite confirmé ces résultats (Jung, Bourne et Little, 2014). Enfin, dans les dernières recommandations de Diabète Canada, le HIIT de faible volume est suggéré pour les individus qui désireraient réduire leur temps de pratique sans perdre les bénéfices ou pour ceux pour qui la pratique d'un exercice aérobie continu serait plus exigeant (Sigal et al. 2018).

2.3.2.2 Entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT)

Le HIIT est caractérisé par un temps d'effort moyen entre 60 à 240 secondes ayant une intensité sous-maximale se trouvant entre 80 et 90 % du VO_2 max et étant entrecoupé de repos actif ou passif (Keating, Johnson, Mielke et Coombes, 2017). Il va sans dire qu'il existe une multitude de protocoles de HIIT et plusieurs études ont prouvé l'efficacité de ceux-ci à maintes reprises chez une population ayant un DT2 lorsque comparé à un groupe témoin. En effet, que ce soit sur le plan du contrôle glycémique, de la composition corporelle ou de la capacité cardiorespiratoire, le HIIT améliore l'ensemble de ces variables (Wormgoor, Dalleck, Zinn et Harris, 2017; Cassidy, Thomas, Houghton et Trenell., 2017; Karstoft et al., 2013; Jolleyman et al., 2015). Dans ce contexte, nous comparerons dans un premier temps l'efficacité du HIIT et du MICT lorsque la dépense énergétique est similaire. Compte tenu de la faible capacité cardiorespiratoire des individus âgés ayant un DT2, nous comparerons par la suite l'impact du HIIT de faible volume à celui du MICT afin de

déterminer si 75 min/semaine d'entraînement pourrait favoriser un bon contrôle du DT2 et ainsi répondre aux barrières de temps et plaisir souvent exprimés par les personnes âgées.

2.3.2.3 Effets du HIIT comparativement au MICT dans un contexte de dépense énergétique isocalorique

a) Effet sur la masse grasse

Les études semblent indiquer que le HIIT et le MICT ont des bénéfices similaires sur la composition corporelle, lorsque la dépense énergétique est équivalente. En effet, une méta-analyse a démontré une perte de masse grasse totale similaire entre les deux modalités lors d'interventions de plus de 10 semaines (entraînement : 3 fois/semaine), du moins chez des adultes en santé (Wewege et al., 2017). D'autres études démontrent des effets similaires concernant la perte de poids (Cassidy, Thomas, Houghton et Trenell., 2017) et la perte de masse grasse abdominale (Terada et al., 2013) chez les individus ayant un DT2. En revanche, de façon générale, il semblerait que la perte de masse grasse viscérale soit plus importante avec le HIIT comparativement au MICT. Une étude réalisée chez les femmes ménopausées ayant un DT2 a démontré une perte de masse grasse viscérale ($-24,0 \pm 7,7 \%$) dans le groupe HIIT et aucun changement dans le groupe MICT ($+10,5 \pm 9,7 \%$; Maillard et al., 2016). Il a été proposé qu'une stimulation plus importante de sécrétion de catécholamines (Zouhal, Jacob, Delamarche et Grastas-Delamarche, 2008) favoriserait une activité lipolytique accrue après l'exercice, particulièrement au niveau viscéral, ce qui pourrait expliquer la perte de masse grasse viscérale. Fait intéressant, deux méta-analyses ont montré une perte de masse grasse totale et viscérale plus importante avec des protocoles d'entraînement réalisés sur tapis roulant comparativement aux protocoles sur ergocycle chez des individus ayant le même poids corporel et s'entraînant à des intensités comparables (Wewege et al., 2017; Maillard, Pereira et Boisseau, 2018). Cela serait expliqué par une dépense énergétique plus grande lors des protocoles sur tapis roulant (Wewege et al., 2017).

b) Effet sur le contrôle glycémique

De façon globale, la communauté scientifique ne peut encore déterminer quelle modalité d'entraînement est la plus bénéfique pour améliorer le contrôle glycémique. Umpierre et collaborateurs (2011) ont démontré que plus de 150 minutes d'activité physique aérobie par semaine diminuent davantage l'HbA1c (-0,89 %) comparativement à un volume plus faible (-0,36 %). La durée de l'exercice semble donc être un facteur important. D'un autre côté, une méta-analyse a démontré que l'intensité serait un meilleur déterminant de l'amélioration de l'HbA1c comparativement au volume d'entraînement (Boulé, Kenny, Haddad, Wells et Sigal, 2003). Ces résultats ont par la suite été confirmés par Liubaoerjijin et collaborateurs (2016) qui démontraient que l'exercice pratiqué à une intensité plus élevée améliore davantage le contrôle glycémique. Comme l'entraînement aérobie continu à intensité élevée n'est pas envisageable chez une population déconditionnée, le HIIT pourrait donc être une option dont les bénéfices sont importants. La méta-analyse de Jellyman et collaborateurs (2015) a permis de démontrer que le HIIT améliore davantage le contrôle glycémique et la sensibilité à l'insuline comparativement au MICT chez les personnes ayant un DT2. Néanmoins, d'autres méta-analyses rapportent des bénéfices similaires entre le HIIT et le MICT concernant la réduction de l'HbA1c (Cassidy, Thomas, Houghton et Trenell., 2017; De Nardi et al., 2018). Les évidences scientifiques actuelles suggèrent qu'à dépense énergétique équivalente, le HIIT et le MICT ont un effet similaire sur le contrôle glycémique, malgré que la majorité des études offre un niveau d'évidence relativement faible (De Nardi et al., 2018; Jelleyman et al., 2015; Cassidy et al., 2017; Wormgoor, Dalleck, Zinn et Harris, 2017).

c) Effet sur le profil métabolique

En ce qui concerne le profil lipidique, lorsque le MICT et le HIIT produisent la même dépense énergétique, les bénéfices semblent similaires. Bien que certaines études aient démontré une légère supériorité du HIIT comparativement au MICT concernant l'amélioration des niveaux de cholestérol total, de triglycérides, de HDL-C et de LDL-C (Mitranun, Deerochanawong, Tanaka et Suksom, 2014; Backx et al., 2011), d'autres rapportent des effets similaires (De Nardi et al., 2018; Wormgoor, Dalleck, Zinn et Harris,

2017) chez la personne atteinte du DT2. Néanmoins, il est à noter que la majorité des études observent une faible amélioration du profil lipidique, car les valeurs de celui-ci se trouvent généralement dans les normes (De Nardi et al., 2018). De ce fait, l'entraînement ne peut induire une grande diminution. Il semble donc, qu'à dépense énergétique équivalente, le HIIT et le MICT induisent des améliorations similaires sur le profil lipidique chez les individus ayant un DT2.

d) Effet sur la capacité cardiorespiratoire (VO_2 max) et la capacité physique

Alors que la plupart des études précédemment citées suggèrent que le HIIT et le MICT ont des effets similaires sur le contrôle glycémique, il en est tout autre pour la capacité cardiorespiratoire. En effet, le HIIT semble provoquer une augmentation du VO_2 max qui est supérieure au MICT, tant chez la population avec et sans DT2 (Cassidy, Thomas, Houghton et Trenell., 2017; De Nardi et al., 2018; Milanovic, Sporis et Weston., 2015; Karstoft et al., 2013; Støa et al., 2007). En effet, une augmentation de 13 % (Hollekin-Strand et al., 2014) à 21 % (Støa et al. 2017) du VO_2 max contre une absence en réponse au MICT a été rapportée chez les individus ayant un DT2 (Støa et al. 2017 ; Karstoft et al., 2013). Ces résultats sont importants considérant qu'une amélioration de seulement 3,5 mL/kg/min pourrait augmenter l'espérance de vie de 10 à 25 % (Kaminsky et al., 2013).

Bien que peu d'études aient comparé l'effet du HIIT à celui du MICT sur la capacité physique d'individus ayant un DT2, il a été démontré que le HIIT serait équivalent au MICT chez les patients atteints de maladies chroniques (Ross, Porter et Durstine, 2016). D'autre part, une étude effectuée chez les patients cardiaques a démontré une augmentation similaire de la distance de marche parcourue lors du test de marche de 6 minutes suite au HIIT et MICT (Ulbrich et al., 2016). Le peu d'études actuellement disponibles comparant l'effet du HIIT et du MICT sur la capacité physique, tant chez les personnes âgées en santé que celles ayant un DT2, ne permettent pas d'établir avec certitude que le HIIT est une option d'entraînement ayant les mêmes bénéfices que le MICT.

En résumé, lorsque la dépense énergétique est similaire, le HIIT semble être une modalité d'entraînement plus efficace pour la perte de masse grasse viscérale et la capacité

cardiorespiratoire comparativement au MICT. En revanche, lorsque le HIIT et le MICT sont isocaloriques, nous ne répondons point à la problématique du manque de temps chez les aînés (Kimm et al., 2006; Stutts, 2002; Trost et al., 2002). De plus, la faible capacité cardiorespiratoire des individus âgés avec un DT2 pourrait être un frein important à la pratique du HIIT réalisé de façon à induire la même dépense énergétique que le MICT. Dans ce contexte, le HIIT de faible volume (75 min/semaine) pourrait être une modalité d'entraînement plus intéressante, et cela particulièrement pour des personnes âgées ayant un DT2. Cette modalité d'entraînement requiert en moyenne 2 fois moins de temps que les recommandations actuelles en matière d'activité physique aérobie.

2.3.2.4 Le HIIT de faible volume

Le HIIT de faible volume est une modalité assez récente dans un contexte de gestion du diabète et c'est entre autres pour cette raison que peu d'études ont comparé l'effet de cette modalité au MICT. Les impacts du HIIT faible volume seul ou comparativement au MICT, lorsque possible, seront présentés. Avant toute chose, il est primordial de distinguer le HIIT de faible volume du SIT qui lui est défini comme un effort de type « *all out* » ayant habituellement une durée entre 8 et 30 secondes entrecoupées de périodes de repos souvent passif. L'intensité de cette modalité est supramaximale, c'est-à-dire, supérieure à 100 % du VO_2 max. Le HIIT pour sa part est caractérisé par une durée d'effort variant de 60 à 240 secondes, mais ayant une intensité sous maximale ($< 100\% \text{VO}_2 \text{ max}$) entrecoupée de repos passif ou actif à faible intensité ($\leq 40\% \text{VO}_2 \text{ max}$). Considérant qu'aucune définition du HIIT faible volume n'ait été validée dans la communauté scientifique, nous définirons celle-ci comme une période d'effort sous-maximal entrecoupée de repos et n'excédant pas 75 minutes par semaine. Dans le cadre de ce mémoire, nous aborderons principalement l'effet du HIIT de faible volume considérant que les efforts supra-maximaux peuvent être difficiles à atteindre et à maintenir chez les personnes âgées ayant un DT2.

a) Effet sur la masse grasse

L'impact du HIIT de faible volume sur la masse grasse est un sujet controversé, car les mécanismes physiologiques qui sous-tendent son effet bénéfique demeurent à clarifier. En effet, le fait que le HIIT de faible volume induise en général une dépense énergétique étant 45 à 50 % plus faible que le MICT soulève des questions quant aux raisons qui supportent ces bénéfices. Une étude de Fex et collaborateurs (2015) a démontré que le HIIT de faible volume pratiqué sur elliptique engendrait une diminution de la masse grasse appendiculaire et de la circonférence de taille chez des individus étant prédiabétiques et diabétiques. Lorsque comparé au MICT, le HIIT de faible volume provoque une perte de poids et une diminution de la masse grasse (exprimé en %) similaire (Winding et al., 2018; Fisher et al., 2015), ou même supérieure lorsqu'il est question de la masse grasse viscérale et abdominale (Winding et al. 2018) chez les personnes ayant un DT2. Ces résultats sont en accord avec ceux de Martins et collaborateurs (2016) qui ont démontré un effet similaire entre le HIIT de faible volume et le MICT concernant la perte de masse grasse totale chez des adultes obèses. Ces observations ne datent pas d'hier. En effet, une étude plus vieille rapportait une perte de masse grasse sous-cutanée plus importante dans le groupe HIIT faible volume comparativement au MICT malgré une dépense énergétique deux fois moins importante (Tremblay, Simoneau et Bouchard, 1994). Bien que les mécanismes restent à élucider, il est probable que le volume ne soit pas le facteur le plus important. En effet, comme mentionné précédemment, il a déjà été suggéré qu'une augmentation des niveaux de catécholamines plus importante en réponse à des intensités plus élevées (McMurray, Forsythe, Mar et Hardy, 1987) soit un élément favorisant une perte de masse grasse via une stimulation accrue de l'activité lipolytique (via une stimulation des récepteurs β -adrénergiques; Zouhal, Jacob, Delamarche et Grastas-Delamarche, 2008). Cependant, ceci reste à démontrer, notamment chez les individus ayant un DT2.

b) Effet sur le contrôle glycémique

Bien que le HIIT de faible volume soit maintenant suggéré par Diabète Canada pour les personnes ayant un DT2 (Sigal et al. 2018), il existe encore peu d'études comparant l'effet

du HIIT de faible volume à celui des recommandations sur le contrôle glycémique. Néanmoins, elles semblent démontrer des effets bénéfiques similaires (Maillard et al., 2016; Winding et al., 2018) ou même supérieurs (Hamed et Raoof, 2014) comparativement au MICT chez des femmes ayant un DT2. Ceci est cohérent avec l'étude de Little et collaborateurs (2011) démontrant que le HIIT de faible volume améliore le contrôle glycémique (mesuré par moniteur de glucose en continu), même après seulement 2 semaines d'entraînement. Bien que cette étude ne comportait pas de groupe réalisant du MICT, elle suggère que le HIIT de faible volume soit une stratégie d'entraînement permettant d'améliorer le contrôle du DT2. Bien que le nombre d'études soit encore réduit, et que peu d'entre elles ciblent réellement les personnes âgées, elles tendent à supporter le potentiel du HIIT de faible volume chez les personnes ayant un DT2.

c) Effet sur le profil métabolique

Le nombre d'études ayant examiné l'effet du HIIT de faible volume sur le profil métabolique est insuffisant pour établir l'effet de cette modalité d'entraînement. En revanche, Fisher et collaborateurs (2015) ont démontré une diminution similaire des concentrations de triglycérides, de cholestérol total et des HDL-C de taille de moyenne taille en réponse au HIIT de faible volume et au MICT après 6 semaines d'entraînement chez des adultes en surpoids ou obèses. Dans cette même lignée, Wormgoor et collaborateurs (2018) observent aussi une tendance concernant la diminution des HDL-C en réponse au HIIT de faible volume lorsque combiné avec un entraînement contre résistance. Contrairement à ces résultats, une récente étude ne voit aucune différence sur le plan du profil lipidique après 11 semaines de HIIT de faible volume ou de MICT chez des adultes ayant un DT2 (Winding et al., 2018). Ceci pourrait être expliqué par les valeurs considérées dans les normes du profil lipidique avant le début de l'intervention. De plus, aucune précision n'est apportée concernant la prise d'agent hypolipidémiant, ce qui rend l'interprétation de ces résultats plus difficile. Le manque important d'études chez les individus ayant un DT2 et comparant le HIIT de faible volume au MICT démontre la nécessité de réaliser des études futures afin de déterminer l'effet de ces modalités sur le profil cardiométabolique.

d) Effet sur la capacité cardiorespiratoire (VO₂ max) et la capacité physique

Alors qu'une étude est actuellement en cours chez des personnes ayant une résistance à l'insuline (Gallo-Villegas et al., 2018), plusieurs ont comparé l'effet du HIIT faible volume à celui du MICT sur la capacité cardiorespiratoire d'adultes ayant le DT2 (Fex et al., 2015; Wormgoor et al. 2018; Winding et al. 2018; Ruffino et al., 2016; Mitranun, Deerochanawong, Tanaka et Suksom, 2014) et présentent des résultats relativement similaires. En effet, en dehors de l'étude de Fex et al. (2015), qui proposait un HIIT de faible volume plus élevé (90 min/semaine) que ce qui est généralement utilisé et observait une amélioration similaire du VO₂ max, l'ensemble des études rapportent une augmentation du VO₂ max qui est supérieure en réponse au HIIT de faible volume (Ruffino et al., 2016; Mitranun, Deerochanawong, Tanaka et Suksom, 2014; Wormgoor et al. 2018; Winding et al. 2018). Cependant, ces résultats portent sur le VO₂ max relatif (exprimée en mL/min/kg). Sachant que le HIIT de faible volume a été associé à une perte de masse grasse plus importante, ceci pourrait biaiser l'interprétation des bénéfices du HIIT de faible volume sur la capacité cardiorespiratoire. Néanmoins, quand on compare l'impact du HIIT de faible volume à celui du MICT sur le VO₂ max absolue on observe une supériorité du HIIT de faible volume comparativement au MICT (+ 12,0 % et + 4,5 % respectivement) (Winding et al., 2018; Ruffino et al., 2016). Enfin, il existe actuellement un manque important dans la littérature concernant l'effet du HIIT de faible volume sur la capacité physique des individus ayant un DT2. Fait intéressant, une étude parue en 2017 a démontré une supériorité du HIIT de faible volume comparativement au MICT, après 12 semaines d'intervention, tant sur le plan de la force, de la mobilité ainsi que de l'équilibre chez une population âgée (García-Pinillos, Laredo-Aguilera, Muñoz-Jiménez et Latorre-Román, 2017). L'absence de données probantes chez les personnes âgées ayant un DT2 empêche toute conclusion concernant cet aspect. Il demeure néanmoins important de l'évaluer, car l'amélioration de la capacité aérobie sous-maximale, de l'endurance et de la force musculaire est essentielle au maintien de la capacité fonctionnelle et de l'autonomie, particulièrement chez les personnes âgées ayant une ou plusieurs maladies chroniques.

2.4 Problématique

La prévalence du DT2 ne cesse d'augmenter et les chiffres sont d'autant plus préoccupants chez la population vieillissante. Le DT2 engendre une multitude de problèmes tant chez l'individu aux prises avec cette pathologie que sur le système de santé canadien. De surcroît, il semblerait que les femmes aient plus de difficulté à atteindre la cible d'hémoglobine glyquée comparativement aux hommes. Certains organismes, tel que Diabète Canada, recommandent de remplacer les aliments à IG élevé par des aliments à FIG ainsi qu'une pratique de 150 minutes d'activité physique d'intensité modérée à vigoureuse par semaine. Malheureusement, seulement 13 % des personnes âgées entre 60 et 79 ans atteignent les recommandations en matière d'activité physique aérobie. Les principales barrières chez les personnes âgées semblent être le temps ainsi que le manque de plaisir. Dans ce contexte, le HIIT de faible volume semblerait être une modalité prometteuse, considérant que celle-ci s'exécute plus rapidement que le MICT et qu'elle semble produire des bénéfices similaires. Cependant, il n'existe aucune étude ayant combiné une alimentation à FIG au HIIT de faible volume et l'ayant comparé aux recommandations actuelles (MICT et alimentation à FIG), malgré que le HIIT de faible volume soit maintenant suggéré comme une option pour les personnes ayant un DT2. D'autre part, la plupart des études est réalisé chez des personnes âgées de 60 ans et moins, ce qui ne permet pas d'assurer que le HIIT de faible volume soit faisable et bien accepté par les personnes âgées ayant un DT2 et physiquement inactives. Enfin, au-delà du contrôle glycémique, les individus ayant un DT2 doivent atteindre plusieurs cibles thérapeutiques pour lesquels ils sont souvent médicamentés. Jusqu'à l'heure actuelle, aucune étude n'a validé si le MICT et le HIIT de faible volume avait un impact similaire sur l'atteinte de ces cibles, et donc la réduction du risque de développer des comorbidités à moyen et long terme.

2.5 Objectifs et hypothèses de recherche

Chez des femmes âgées ayant un DT2 et physiquement inactives:

Objectif 1. Comparer les effets d'un programme de 12 semaines combinant le HIIT de faible volume et une alimentation à FIG à ceux obtenus en suivant les recommandations en matière d'activité physique de Diabète Canada sur le profil métabolique, l'atteinte des cibles thérapeutiques, la composition corporelle ainsi que sur la capacité physique.

Nous émettons l'hypothèse que le HIIT de faible volume engendrera des bénéfices similaires au MICT lorsque combiné à une alimentation à FIG concernant le contrôle glycémique, la composition corporelle et l'atteinte des cibles thérapeutiques. En revanche, nous pensons que le HIIT de faible volume sera supérieur pour améliorer certaines composantes de la capacité physique, telles que la capacité cardiorespiratoire ainsi que la distance parcourue lors du test de marche de 6 minutes.

Objectif 2. Confirmer l'acceptabilité d'un programme de HIIT de faible volume (75 min/semaine).

Nous émettons l'hypothèse que le protocole de HIIT de faible volume proposé sera faisable et n'induera pas plus d'abandons/refus ou d'évènement indésirable que le MICT chez les femmes âgées ayant un DT2.

III. MÉTHODOLOGIE

3.1 Devis et protocole de recherche

Cette étude pilote est un essai randomisé à groupes parallèles comprenant deux groupes de femmes âgées ayant un DT2. Les femmes recrutées ont été randomisées, grâce à un générateur informatisé de nombre aléatoire, dans un des deux groupes d'entraînement (HIIT de faible volume ou MICT) et ont suivi une alimentation à FIG. Il est à noter que le groupe d'appartenance des participantes est resté inconnu jusqu'au début de l'intervention afin d'éviter les biais possibles des évaluateurs. Le recrutement a été fait grâce à la centrale de recrutement (Nabû) du Centre de recherche sur le vieillissement (CdRV), et lors de présentations dans des organismes communautaires ou activité de reconnaissance des patients impliqués en recherche. Un premier dépistage était réalisé afin de sélectionner les femmes âgées entre 60 et 75 ans ayant un DT2 sans insulinothérapie (pour Nabû). Les femmes répondants à ces critères furent contactées par téléphone afin de les informer de leur potentielle éligibilité à participer à ce projet de recherche. Une entrevue de sélection basée sur un formulaire de recrutement était alors passée au téléphone afin de confirmer l'éligibilité. Si les participantes étaient intéressées et répondaient aux critères de sélection, elles étaient invitées au CdRV afin de réaliser les évaluations pré-intervention.

Lors de la première visite (V1), à jeun au CdRV, suite à la signature du formulaire d'information et de consentement, les mesures suivantes étaient réalisées : 1) fréquence cardiaque et pression artérielle de repos, 2) anthropométrie et composition corporelle; 3) profil métabolique à jeun ; 4) historique médical et niveau d'activité physique. À la fin de cette première visite, un journal alimentaire de 3 jours était remis afin d'évaluer les habitudes alimentaires et un accéléromètre était installé afin d'estimer la dépense énergétique des 7 prochains jours. Une semaine après la V1, les participantes étaient conviées à une seconde visite (V2) au cours de laquelle un test à l'effort maximal progressif (protocole *Ball State University/Bruce ramp*) était effectué sur tapis roulant avec la mesure des échanges gazeux et un électrocardiogramme à 12 dérivations, afin d'obtenir la clairance

médicale et permettre la prescription d'exercice. Lors de la visite 3 (V3), les participantes rencontraient la nutritionniste. Durant cette rencontre, la nutritionniste identifiait les aliments à IG élevé et proposait, selon les goûts de la participante, de changer ceux-ci pour des aliments à FIG. Une fois la rencontre terminée, des tests de capacité physique étaient exécutés. Suite à 12 semaines d'intervention, les mêmes mesures étaient faites dans le même ordre (visites 4, 5 et 6) (Figure 2).

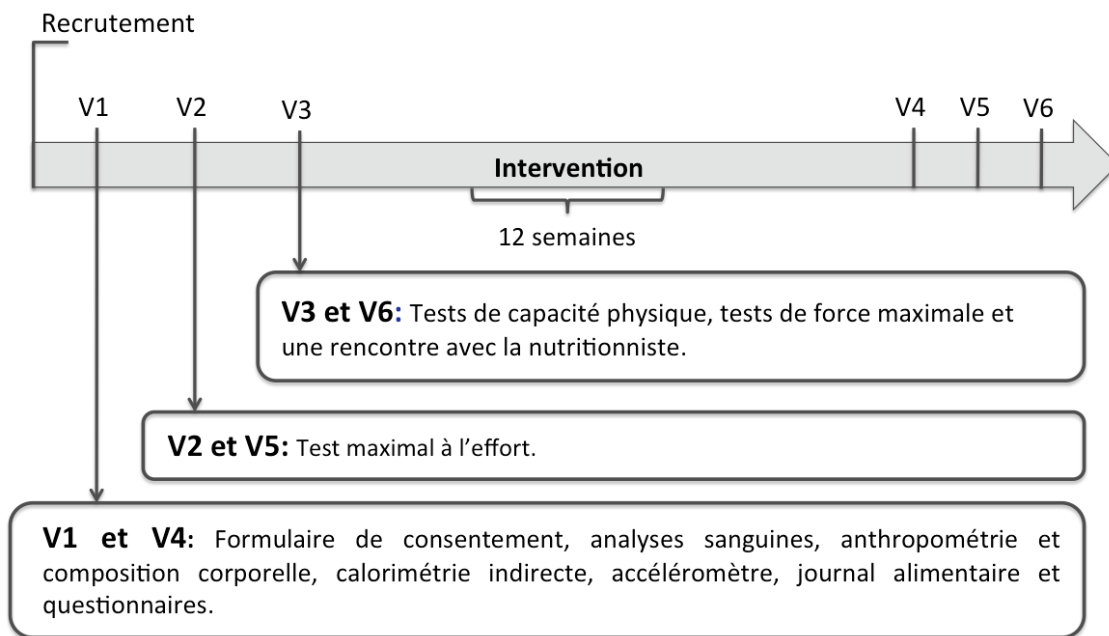


Figure 2. Organisation temporelle du projet de recherche

3.2 Participantes

Sur un total de 59 femmes qui ont été contactées, 16 femmes âgées entre 60 et 75 ans ayant un DT2, non-fumeuses, ayant une consommation d'alcool faible ou nulle (≤ 15 g éthanol/jour = 1 breuvage alcoolisé/jour), physiquement inactives (< 75 minutes d'exercice structuré et planifié par semaine durant la dernière année), ont été recrutées. Au total, 14 femmes ont terminé l'étude (Figure 3). Les critères d'exclusion étaient les suivants : 1) insulinothérapie, 2) thérapie hormonale de remplacement au cours des 3 dernières années, 3) bêta-bloquants, 4) médication instable dans les derniers 6 mois, 5) hypertension non contrôlée ($>160/90$ mmHg), 6) profil lipidique non contrôlé (cholestérol total > 8 mmol/L;

triglycérides > 10 mmol/L; LDL-C > 4 mmol/L), 7) accident vasculaire cérébral dans les 6 derniers mois ou ayant laissé des séquelles empêchant la pratique d'exercice, 8) poids instable dans les derniers 6 mois (± 5 kg), 9) neuropathie, rétinopathie ou néphropathie liée au DT2, 10) limitations orthopédiques ou autre contre-indication à la pratique d'activité physique et 11) opération chirurgicale prévue durant l'intervention.

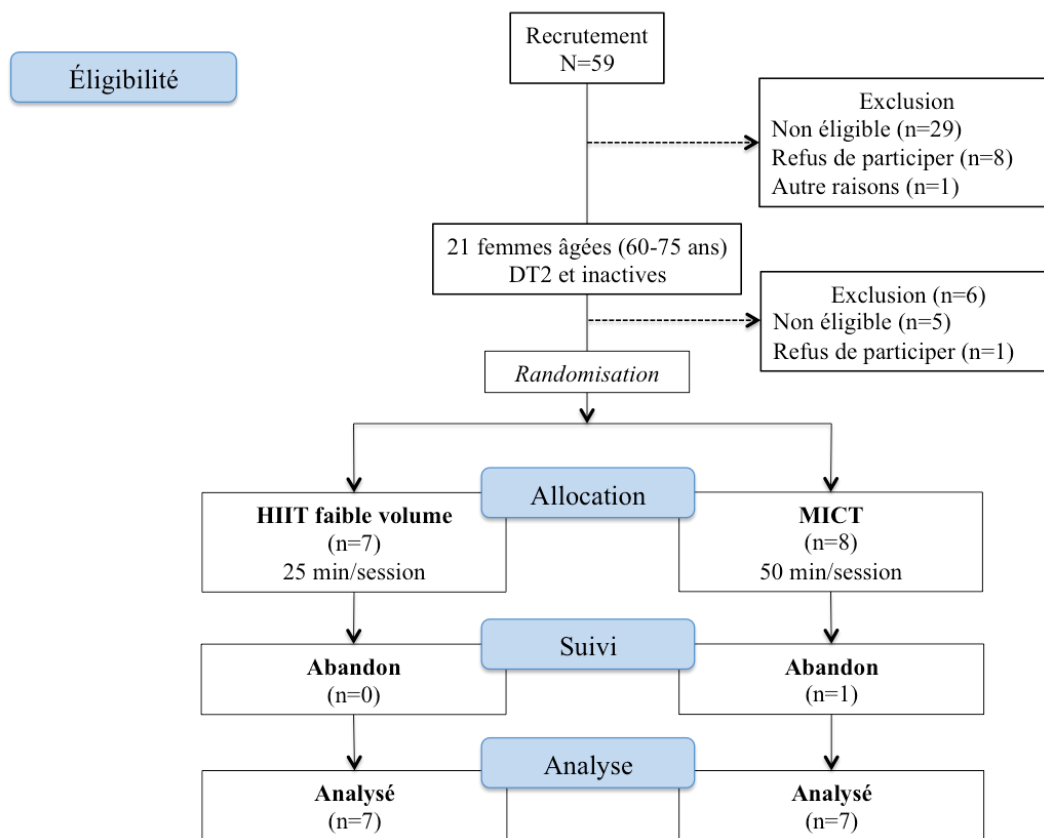


Figure 3. CONSORT : Organigramme de recrutement comprenant le nombre d'abandons et les données analysées.

3.3 Intervention

Chaque séance d'entraînement fut réalisée sur tapis roulant (Life Fitness, Club Series, Brunswick Corporation, Lake Forest, Etats-Unis), à raison de 3 séances par semaine sur une période de 12 semaines. Les entraînements étaient réalisés sous supervision

(kinésiologues), en avant-midi après le petit-déjeuner dans la salle d'entraînement dédiée à la recherche au CdRV. Les participantes du groupe HIIT de faible volume et du groupe MICT s'entraînaient séparément afin d'éviter tout biais de contamination. En ce qui concerne la prescription d'exercice, les FCR ont été utilisées. Afin de calculer celle-ci, les fréquences cardiaques maximales atteintes lors du test à l'effort maximal ainsi que les fréquences cardiaques de repos après la calorimétrie lors de la visite #1 ont été utilisées ($FCR = FC_{max} - FC_{repos}$). Les intensités respectives ont par la suite été calculées à l'aide de la formule suivant :

$$FC\ cible = (FCR \cdot \%INTENSITÉ) + FC_{REPOS}$$

Au début de chaque séance, la pression artérielle était mesurée après un repos de 5 min à l'aide d'un sphygmomanomètre manuel (ADC Diagnostix 703, American Diagnostic Corporation, Long Island, États-Unis). À la fin de chaque séance, la pression artérielle était mesurée à nouveau directement après l'entraînement, debout sur le tapis roulant. De plus, la glycémie capillaire était mesurée avant et après chaque séance d'entraînement, (*données non présentées dans ce mémoire*), à l'aide d'un glucomètre calibré tous les 3 jours (Accu-Chek, Basel, Swiss). Lorsqu'une participante présentait une glycémie inférieure à 5 mmol/L, une collation comprenant 200 ml de jus de fruits et 15g de fromage 2 % était donnée. Dans ces cas-là, une nouvelle glycémie était reprise 15 minutes après afin de s'assurer que la glycémie était supérieure à 5 mmol/L et l'entraînement débutait. La FC pendant les entraînements fut mesurée à l'aide d'un cardiofréquencemètre (Polar H7 Bluetooth Smart Chest Belt, 2428, Kempele, Finlande) et enregistrée via l'application Polar Club (Polar, Kempele, Finland).

3.3.1 Entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) de faible volume

Tous les entraînements débutaient avec un échauffement de 3 minutes sur tapis roulant. Les deux premières minutes étaient effectuées à 55 % de la FC de réserve (FCR), et la troisième

minute à 70 % FCR. Comme présenté dans la Figure 4, l'échauffement était suivi de 6 blocs de la séquence suivante : 1 min à 90 % FCR suivi de 2 minutes de repos actif à 45 % FCR. Entre les blocs 3 et 4, une période de récupération active à 45 % de la FCR était réalisée. Un retour au calme de 2 minutes à 40 % FCR terminait la séance d'entraînement. Le tout pour un total de 25 minutes par séance, soit 75 minutes par semaine (Figure 4). Il est à noter que la pente et la vitesse étaient ajustées en fonction des fréquences cardiaques atteintes lors des premiers intervalles (intervalles 1, 2 et 3). De cette façon la dérive cardiaque, généralement présente lors des intervalles 4, 5 et 6, n'influençait pas la vitesse et la pente prescrite lors de l'entraînement. Afin d'atteindre l'intensité prescrite, une période d'adaptation de 4 semaines fut réalisée, au cours de laquelle l'intensité de l'entraînement était progressivement augmentée, laissant aux femmes du groupe HIIT 8 semaines complètes d'entraînement aux intensités prescrites. Le protocole d'entraînement de l'intervention est disponible en annexe (Annexe 1). Enfin, le protocole HIIT a été développé pour être réalisé sur tapis roulant, car cette activité semble plus appréciée des femmes âgées (Suh et Kim., 2018) et fut démontrée comme étant plus efficace que les protocoles sur ergocycle afin de diminuer la masse grasse viscérale (Wewege et al., 2017 ; Maillard, Pereira et Boisseau, 2018). Enfin le protocole HIIT a aussi été développé dans l'objectif de représenter 50 % de la durée et de la dépense énergétique estimée du MICT.

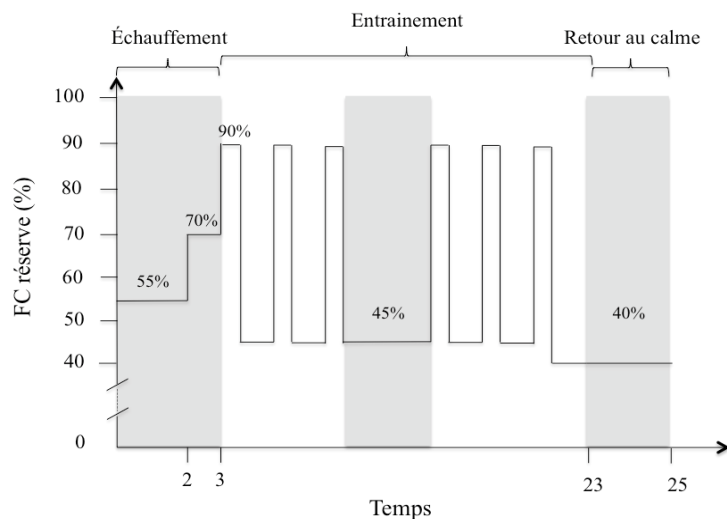


Figure 4. Protocole d'entraînement HIIT de faible volume

3.3.2 Entraînement aérobic continu à intensité modérée (MICT)

Tous les entraînements débutaient avec une période d'échauffement de 2 minutes à 45 % FCR. Par la suite, l'entraînement consistait à 45 minutes à 60 % FCR. Enfin, un retour au calme de 3 minutes à 40 % FCR était effectué (Figure 5). Pour le groupe MICT, aucune semaine d'augmentation progressive de l'intensité ne fut réalisée.

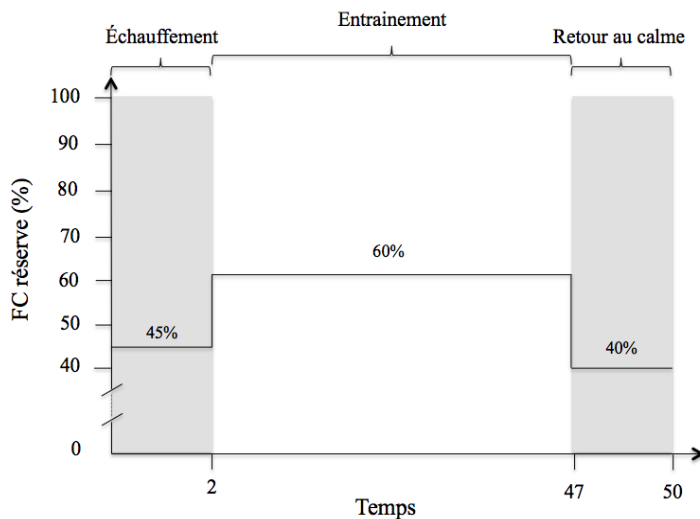


Figure 5. Protocole d'entraînement MICT

3.3.3 Alimentation à faible indice glycémique (FIG)

Afin de respecter les recommandations de Diabète Canada, une nutritionniste rencontrait individuellement chaque participante dans le but de remplacer les aliments à haut IG par des aliments à FIG dans l'alimentation. Plus précisément, il fut demandé aux participantes de changer les aliments ayant un IG élevé ($IG > 70$) par des aliments à FIG ($IG < 55$). Afin d'y parvenir, la nutritionniste examinait le journal alimentaire de chaque participante afin d'identifier les aliments pouvant être remplacés. De plus, afin de s'assurer de la compréhension des participantes, un test développé par la nutritionniste était administré à la fin de la rencontre. Un outil (aide mémoire) permettant de repérer les aliments devant être remplacés était fourni à chaque participante dans le but de les aider à réaliser ce changement (Annexe 3). Enfin, il est à noter que la nutritionniste ne connaissait pas le

groupe d'appartenance des participantes durant cette rencontre, limitant du fait même pas possibilité de biais.

3.4 Variables d'intérêt et méthodes de mesure

3.4.1 Anthropométrie et composition corporelle

Le poids ($\pm 0,2$ kg) a été mesuré à l'aide d'une balance électronique (SECA 707, Hambourg, Allemagne) et la taille ($\pm 0,1$ cm) avec un stadiomètre mural (Takei, Tokyo, Japon). L'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé avec la formule suivante :

$$IMC = \text{poids (kg)} / \text{taille}^2 \text{ (m)}$$

La circonférence de taille a été mesurée à l'aide d'un ruban flexible au niveau du bord supérieur de la crête iliaque en accord avec les procédures standardisées de la Société canadienne de physiologie de l'exercice (McGuire et Ross, 2008). La composition corporelle, soit la masse maigre totale et appendiculaire, la masse grasse totale, gynoïde, androïde, du tronc et appendiculaire a été estimée grâce à un appareil à absorption biphotonique à rayons X (iDXA, GE Healthcare, Chicago, IL, E.-U.). Afin d'analyser les valeurs provenant du iDXA, le logiciel EnCORE version 16 a été utilisé. Le coefficient de variation pour la masse grasse et la masse maigre mesurée à une semaine d'intervalle sur 10 individus est respectivement de 1,9 % et 1,2 % dans notre laboratoire.

3.4.2 Contrôle glycémique et profil métabolique à jeun

Des prélèvements sanguins furent obtenus après un jeun de 12 heures par une infirmière de recherche expérimentée et certifiée. Au total, 35 mL de sang étaient prélevés et envoyés au laboratoire de biochimie du CIUSSS de l'Estrie – CHUS afin d'évaluer le profil lipidique complet (cholestérol total, HDL-C, LDL-C, non-HDL-C, triglycérides) et le métabolisme

du glucose (HbA1c, insuline et glucose). Le HbA1c fut utilisé comme variable principale pour le contrôle glycémique. Les mesures post-intervention furent réalisées plus de 72 heures après la dernière séance d'entraînement afin d'éviter que l'effet aigu de l'exercice biaise les résultats.

3.4.3 La triple cible thérapeutique

L'atteinte des cibles thérapeutiques en lien avec la gestion du DT2 fut évaluée grâce à la triple cible thérapeutique (HbA1c < 7,0 %, LDL-C < 2 mmol/L, pression artérielle < 130/80 mmHg). Pour chaque cible (HbA1c, LDL-C, pression artérielle), une variable dichotomique (0 : n'atteint pas la cible et 1 : atteint la cible) fut créée. Lorsque le score était égal à 3, la triple cible thérapeutique était considérée comme atteinte. Le pourcentage des participantes atteignant chaque cible individuelle et la triple cible fut calculé. Il est à noter que certaines données manquantes diminuent la puissance statistique, rendant la comparaison entre les deux groupes (HIIT vs. MICT) impossibles lors de l'utilisation du test de McNemar. Dans ce contexte, l'analyse de l'atteinte de la triple cible thérapeutique a été effectuée en pré- en post-intervention chez l'ensemble des femmes (HIIT n = 5 ; MICT n = 7).

3.4.4 Pression artérielle

La pression artérielle a été mesurée après 30 minutes de repos en position couchée à l'aide d'un sphygmomanomètre manuel (Diagnostix 703, Americam Diagnostic Corporation, Long Island, États-Unis). La pression artérielle de repos fut aussi prise en position assise après 5 minutes au repos et avant l'entraînement et directement après l'entraînement debout sur le tapis roulant.

3.4.5 Risque de maladie cardiovasculaire sur 10 ans : le score de Framingham

Le score de Framingham a été calculé selon la table adaptée de Genest et collaborateurs (2009) (*Framingham Heart Study*) afin d'estimer le risque de développer une maladie

cardiovasculaire dans les prochaines 10 années. Cette équation de prédiction prend en considération les facteurs suivants : le sexe, l'âge, le taux de HDL-C, le taux de Cholestérol total, la pression artérielle, le tabagisme ainsi que le diagnostic de diabète de type 2. Le score de Framingham est exprimé en pourcentage et varie de $< 1\%$ à $> 30\%$. Un score de Framingham $< 10\%$ signifient un risque de développer une MCV sur 10 ans qui est faible, alors que le risque est modéré pour un score compris entre 10 et 19 % et élevé si le score est $\geq 20\%$.

3.4.6 Capacité physique

Différents tests de capacité physique de la batterie de tests du « *Senior Fitness test* » (Rikli et Jones, 2013) ainsi que des tests de force maximale ont été réalisés lors de la V3. Afin de mesurer l'équilibre statique, le test unipodal d'équilibre a été réalisé. Le test d'équilibre unipodal consistait à rester en équilibre sur un pied (les yeux ouverts) le plus longtemps possible pour un maximum de 30 secondes. Deux essais étaient exécutés et le meilleur temps (en secondes) gardé. Afin de mesurer la force des membres inférieurs, le test de levée de chaise a été exécuté. Celui-ci consistait à se lever d'une chaise de 44 cm de hauteur, le plus de fois possible en 30 secondes sans utiliser les mains. La flexibilité de la chaîne postérieure fut évaluée avec un flexomètre (modèle 01285A, Lafayette instrument company, Lafayette, États-Unis) en étant assise au sol sans souliers en exécutant une flexion du tronc maintenue pendant au moins 2 secondes, sans toutefois fléchir les genoux. Le test était réalisé à 2 reprises et la plus longue distance parcourue (en cm) était gardée. Enfin, la capacité cardiorespiratoire sous-maximale fut évaluée à l'aide du test de marche de 6 minutes (TDM6). Le TDM6 est un test au cours duquel les participantes devaient effectuer la plus grande distance possible en marchant en 6 minutes (Guyatt et al., 1985; Enright, 2003). La fréquence cardiaque était mesurée au cours du TDM6 à l'aide d'un cardiofréquencemètre (Polar H7 Bluetooth Smart Chest Belt, 2428, Kempele, Finlande).

La capacité cardiorespiratoire a été mesurée à l'aide d'un test à l'effort maximal sous la supervision d'un kinésologue, d'un expert en physiologie de l'exercice et d'un médecin (V1). Le VO_2 max fut obtenu grâce à la mesure des échanges gazeux via l'utilisation d'un charriot métabolique (Ergocard, MedISOft, Sorinnes Belgium). La FC était monitorée pendant l'ensemble du test avec un électrocardiogramme à 12 dérivations (Quinton Q-stress, Quinton Inc, Bothell, WA). Le protocole utilisé était le *Ball State University/Bruce ramp* (Annexe 2). Ce protocole a été sélectionné considérant qu'il a été validé chez une population âgée et qu'il ne nécessite pas de course. Pour être considéré valide, un test devait durer entre 8 et 12 minutes (Gibbons et al. 2002). L'atteinte du VO_2 max était considérée si au moins deux des trois critères suivants étaient atteints : 1) ratio d'échange respiratoire $\geq 1,15$; 2) FC max \geq FC prédite en fonction de l'âge ($220 - \text{âge}$); 3) apparition d'un plateau du VO_2 (variation de moins de 150 mL) et ce malgré l'augmentation de l'intensité. Si ces critères n'étaient pas atteints, la plus haute valeur atteinte était considérée comme le VO_2 pic. Dans l'étude présentée ici, le terme VO_2 pic sera privilégié, car peu de femmes ont effectué un test d'au moins 8 minutes ou on atteint un plateau de VO_2 .

La force maximale fut mesurée à l'aide de tests de force maximale (une répétition maximale ; 1-RM) pour les pectoraux (développé couché; LifeFitness Pro2 press machine), les membres supérieurs (dynamomètre manuel Lafayette; modèle 78010) et les membres inférieurs (développé des jambes ; LifeFitness Pro2 Seated leg press). L'ensemble des tests de force maximale a été exécuté suivant les normes NSCA (*National Strength and Conditioning Association, 2012*) à l'exception du test de force de préhension qui a été réalisé selon le protocole de la Société Canadienne de Physiologie de l'exercice (Canadian Physical Activity, Fitness and Lifestyle Approach, 2003). Avant chaque test, une démonstration était exécutée afin de s'assurer de la compréhension des participantes. Dans l'éventualité où le 1-RM n'était pas atteint après 3 tentatives, lors de la 4^e tentative, la participante devait exécuter le plus de répétitions possible avec la charge administrée. La force maximale théorique était par la suite estimée selon l'équation de Brzycki (Brzycki,

1993), ou X représente le nombre de répétitions effectuées (qui doit être inférieur à 10) et le poids soulevé (lbs).

$$\text{Prédiction du 1-RM} = \frac{\text{Poids soulevé (lbs)}}{1,0278 - 0,0278 X}$$

3.4.7 Acceptabilité

L'acceptabilité fut mesurée à l'aide de cinq variables : 1) le nombre d'abandons, 2) la présence lors des 36 entraînements, 3) l'atteinte de la FCR cible ($\pm 5\%$), 4) la présence d'événements indésirables et 5) le refus de participer au programme d'entraînement lorsque présenté (post-randomisation; Figure 3). Un pourcentage pour chaque élément considéré fut calculé afin d'obtenir un score global (%) prenant en compte les cinq variables. Chacune de ces variables ainsi que le score global furent par la suite comparés entre le groupe HIIT et MICT.

3.4.8 Variables de contrôle

3.4.8.1 Habitudes alimentaires

Les habitudes alimentaires ont été évaluées à l'aide d'un journal alimentaire de 3 jours (non consécutifs), soit deux journées de semaine et une de fin de semaine avant et après l'arrêt des entraînements. L'apport énergétique total, ainsi que l'apport en lipides, glucides et protéines ont été estimés grâce à la plateforme Nutrific (Université Laval, Sainte Foy, Québec, Canada). Malgré les limitations associées à cette méthode, celle-ci est tout de même le meilleur outil afin d'évaluer l'apport alimentaire dans un contexte représentant avec fidélité la réalité de l'individu. Sa validité a été démontrée chez une population vieillissante sans limitation cognitive (Lührmann, Herbert, Gaster et Neuhäuser-Berthold, 1999). Les participantes ont indiqué avec précision tout ce qu'elles consommaient comme

nourriture, liquide ainsi que suppléments alimentaires. Afin de faciliter l'utilisation du journal alimentaire, les participantes ont reçu une balance alimentaire (5 kg).

Afin d'avoir un portrait global de l'adhérence à l'alimentation à FIG, l'IG moyen de chaque repas a été calculé. Grâce à la table de Atkinson, Foster-Powell et Brand-Millier (2008), l'IG de chacun des aliments a été déterminé afin d'évaluer l'IG de chaque participante pour chaque repas et journée. Un IG moyen pour les 3 jours a été calculé avant et après l'intervention. Bien que l'entraînement était cessé après 12 semaines d'intervention, l'alimentation à FIG ne l'était pas, permettant d'évaluer cet aspect même après la fin de l'intervention. Considérant les limites associée à l'utilisation de l'IG, la charge glycémique, qui prend en considération l'IG ainsi que la quantité totale de glucides de chacun des aliments, a été aussi calculée selon l'équation suivante :

$$[(IG * \text{Quantité Glucides (g)}) / 100]$$

Comme il n'existe pas de méthode pour évaluer l'IG et donc valider la compliance des participantes à l'alimentation à FIG, ceci a été réalisé dans le but d'enrichir l'interprétation qui peut être faite des résultats.

3.4.8.2 Niveau d'activité physique et dépense énergétique

Afin de contrôler la pratique d'activité physique, deux mesures différentes ont été utilisées. En premier lieu, le questionnaire "*Physical Activity Scale for the Elderly*" (PASE) a été administré en pré- et post-intervention. Ce questionnaire a été validé avec les mesures d'accélérométrie chez une population âgée (Washburn et Ficker., 1999). Brièvement, le PASE est un questionnaire renseignant sur le niveau d'activité physique durant les 7 derniers jours. Un score plus élevé du PASE reflète une pratique d'activité physique élevée. Le score maximal théorique est de 793. L'accéléromètre a aussi été utilisé lors de cette

étude (Actical Respiratory, Fortitude Valley, Australia). L'accéléromètre a été porté entre la V1 et la V2, soit pendant 7 jours tant en pré- et qu'en post-intervention. En revanche, après de nombreux problèmes techniques avec les accéléromètres, seules les mesures en pré- et post-intervention pour deux participantes sur quatorze sont valides et accessibles. De ce fait, seul le PASE a pu être utilisé comme variable de contrôle.

3.5 Analyses statistiques

La normalité des données principales fut vérifiée avec des tests de Shapiro-Wilk. La majorité des données étaient distribuées normalement, à l'exception de l'insuline sérique et du test d'équilibre unipodal (EUP) en post-intervention. La comparaison entre les groupes pré-intervention a été faite avec des tests T indépendants. L'effet de l'intervention et l'interaction entre les groupes ont été analysés avec des ANOVA à mesures répétées (2 groupes x 2 mesures). Afin d'analyser l'insuline sérique et le test d'EUP, n'étant pas distribué normalement, une approche non paramétrique a été adoptée, soit un test de Wilcoxon pour mesurer l'effet de l'intervention ainsi qu'un test de U de Mann-Whitney pour comparer les changements (deltas) entre les groupes. Le test de McNemar a été effectué afin de comparer le changement dans l'atteinte de la triple cible thérapeutique et de ses composantes. Les valeurs sont présentées: (moyenne \pm écart type) dans les tableaux et (moyenne \pm erreur standard) dans les figures. L'ensemble de ces analyses a été effectué avec SPSS IMB 22.0 et le seuil de significativité est placé à $p \leq 0,05$.

IV. RÉSULTATS

4.1 Caractéristiques de la population avant l'intervention

Le nombre de participantes ayant complété l'intervention est de 14, soit 7 dans le groupe MICT et 7 dans le groupe HIIT. Le tableau 2 présente les données de ces 14 femmes âgées et montre qu'elles présentent un profil de santé peu détérioré. La comparaison des groupes en pré-intervention ne démontre aucune différence significative entre ceux-ci.

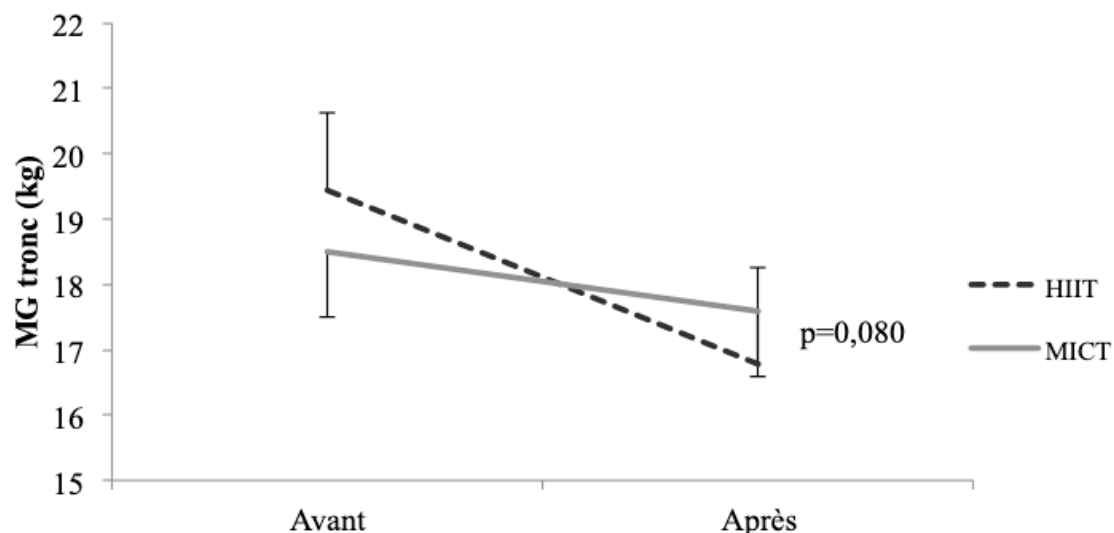
Tableau 2. Caractéristiques de la population en pré-intervention

	HIIT (n=7)	MICT (n=7)	Total (n=14)	Valeur de <i>p</i> (HIIT vs. MICT)
Âge (ans)	66,7 ± 4,2	68,7 ± 1,5	67,7 ± 3,2	0,25
Durée du DT2 (ans)	11,0 ± 5,7	7,2 ± 4,8	9,1 ± 5,4	0,24
Poids corporel (kg)	77,3 ± 10,7	77,8 ± 15,8	77,5 ± 12,9	0,95
IMC (kg/m ²)	30,3 ± 3,2	32,4 ± 6,2	31,4 ± 4,9	0,45
Tour de taille (cm)	107,9 ± 7,9	105,6 ± 11,8	106,8 ± 9,7	0,68
Nombre de Rx (n)	5,7 ± 2,1	4,7 ± 1,6	5,2 ± 1,9	0,34
Antidiabétique (%)	85,7	85,7	85,7	1,00
Antihypertenseur (%)	71,4	85,7	78,6	0,55
Hypolipédémiant (%)	100	57,1	78,6	0,55
Score de Framingham (%)	15,6 ± 8,2	20,6 ± 8,2	18,1 ± 7,7	0,14

IMC : Indice de masse corporelle, Rx : Médicaments.

4.2 Effet des 12 semaines d'intervention sur les mesures anthropométriques et la composition corporelle

Le poids, l'IMC, la MG totale (Tableau 3) ainsi que la MG du tronc (Figure 6) ont diminué significativement dans les deux groupes après 12 semaines d'intervention (tous les $p \leq 0,030$). Aucun changement de masse maigre ne fut observé et aucune différence entre les groupes ne fut notée avant l'intervention pour l'ensemble des mesures de la composition corporelle (Tableau 3).

Figure 6. Masse grasse (MG) au niveau du tronc

HIIT : entraînement par intervalles à haute intensité de faible volume; MICT : entraînement continu d'intensité modérée.

Tableau 3. Anthropométrie et composition corporelle

	HIIT		MICT		ANOVA à MR Valeur de <i>p</i>
	Avant	Après	Avant	Après	
Poids (kg)	77,3 ± 10,7	74,0 ± 10,5	77,8 ± 15,6	75,3 ± 15,5	a = 0,01 b = 0,69
IMC (kg/m ²)	30,3 ± 3,2	29,3 ± 3,1	32,4 ± 6,2	31,3 ± 5,9	a = 0,03 b = 0,92
Tour de taille (cm)	107,9 ± 7,9	103,8 ± 9,4	105,6 ± 11,8	105,1 ± 15,8	a = 0,26 b = 0,39
MG total (kg)	33,8 ± 6,7	30,9 ± 7,5	33,1 ± 8,6	31,8 ± 8,8	a = 0,02 b = 0,36
MG androïde (kg)	3,6 ± 0,6	3,2 ± 0,8	3,9 ± 2,3	3,3 ± 1,3	a = 0,080 b = 0,570
MG gynoïde (kg)	5,1 ± 1,3	4,6 ± 1,3	6,1 ± 4,3	4,7 ± 1,5	a = 0,155 b = 0,480
MM total (kg)	41,1 ± 5,6	40,0 ± 4,2	41,8 ± 7,6	41,5 ± 7,4	a = 0,10 b = 0,35
MM app. (kg)	19,0 ± 2,6	19,3 ± 2,4	19,1 ± 3,4	19,3 ± 4,0	a = 0,224 b = 0,833

IMC: indice de masse corporelle, MG: masse grasse, MM: masse maigre; MM app : Masse maigre appendiculaire (bras + jambes); a = effet de temps issu de l'ANOVA à mesures répétées; b = interaction [temps x groupe] issue de l'ANOVA à mesures répétées.

4.3 Effet des 12 semaines d'intervention sur le profil métabolique et les cibles thérapeutiques.

Comme présenté dans le tableau 4, le glucose à jeun et l'insuline sérique sont les seules variables ayant diminué significativement dans les deux groupes en réponse à l'intervention. Cependant, une tendance est observée pour l'insuline qui diminuerait de façon plus importante dans le groupe MICT (Tableau 4). Ni le contrôle glycémique (HbA1c), ni le profil lipidique n'a changé après 12 semaines d'intervention. La PAS et PAD de repos ont diminué significativement après l'intervention, mais aucune différence significative n'est observée entre les groupes (Tableau 4). En revanche, la pression artérielle diastolique tend à diminuer de façon plus importante dans le groupe HIIT. Notons qu'aucune différence entre les groupes en pré-intervention ne fut notée pour l'ensemble de ces variables.

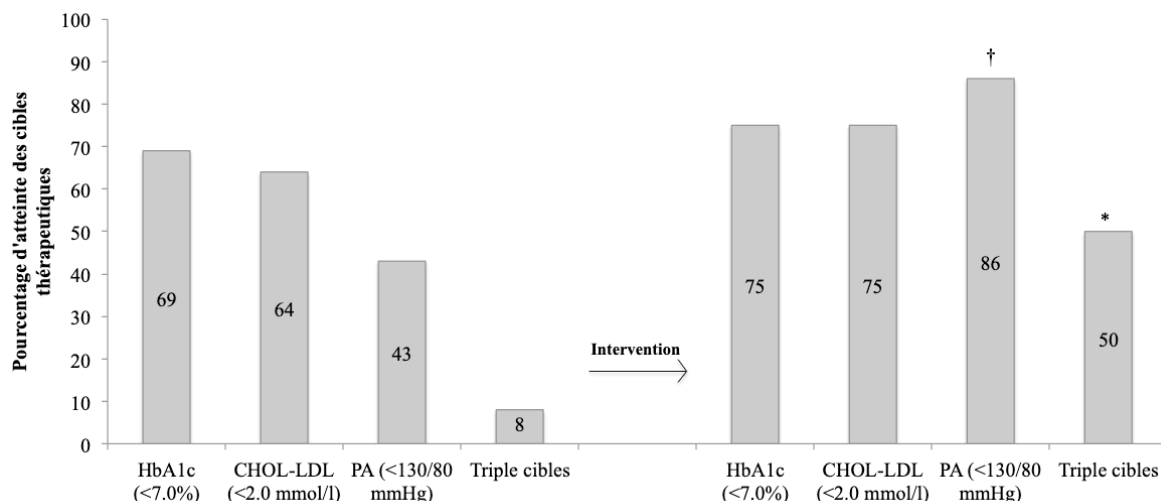
La proportion des femmes atteignant la triple cible thérapeutique ($\text{HbA1c} < 7,0 \%$, $\text{LDL-C} < 2 \text{ mmol/L}$, pression artérielle $< 130/80 \text{ mmHg}$) tend à augmenter en réponse à l'intervention ($p = 0,06$). Étant donné que le contrôle glycémique et les concentrations de LDL-C sont demeurés inchangés (Tableau 4), on comprend que cette tendance s'explique par une augmentation de la proportion des femmes qui atteignent la cible de pression artérielle après l'intervention (Figure 7).

Tableau 4. Profil métabolique et pression artérielle.

	HIIT		MICT		ANOVA à MR Valeur de <i>p</i>
	Avant	Après	Avant	Après	
HbA1c (%)	6,9 ± 1,0	6,6 ± 0,8	6,6 ± 0,6	6,2 ± 0,5	a = 0,12 b = 0,75
Glucose (mmol/L)	8,0 ± 2,4	7,0 ± 0,9	7,5 ± 1,7	5,8 ± 1,0	a = 0,04 b = 0,60
Insuline (mg/dL) ‡	112,0 ± 61,1	108,0 ± 82,6	105,7 ± 33,5	66,2 ± 14,1	c = 0,062 d = 0,045
LDL-C (mmol/L)	1,7 ± 0,7	1,4 ± 0,3	2,3 ± 1,2	2,3 ± 1,1	a = 0,60 b = 0,31
HDL-C (mmol/L)	1,4 ± 0,4	1,5 ± 0,3	1,4 ± 0,4	1,5 ± 0,4	a = 0,25 b = 0,43
CHOL-Total (mmol/L)	3,6 ± 1,0	3,3 ± 0,5	4,8 ± 1,5	5,0 ± 1,4	a = 0,99 b = 0,26
Non-HDL-C (mmol/L)	2,2 ± 0,7	1,9 ± 0,3	3,1 ± 1,4	3,1 ± 1,0	a = 0,65 b = 0,52
TG (mmol/L)	1,0 ± 0,3	1,0 ± 0,3	1,4 ± 0,6	1,5 ± 0,3	a = 0,72 b = 0,83
PAS (mmHg)	127,4 ± 10,5	117,7 ± 9,3	132,6 ± 6,3	126,6 ± 15,5	a = 0,024 b = 0,55
PAD (mmHg)	75,6 ± 5,0	66,9 ± 7,5	73,9 ± 6,3	73,3 ± 4,8	a = 0,05 b = 0,08

HbA1c: hémoglobine glyquée; *LDL-C*: cholestérol LDL; *HDL-C*: cholestérol HDL; *CHOL-Total*: cholestérol total, *Non-HDL-C*: cholestérol non-HDL; *PAS*: Pression artérielle systolique; *PAD*: Pression artérielle diastolique; a= effet de temps issu de l'ANOVA à mesures répétées; b= interaction [temps x groupe] issue de l'ANOVA à mesures répétées; ‡c= effet de l'intervention pour l'ensemble des participantes avec le test des rangs signés de Wilcoxon; d= comparaison des changements (deltas) du groupe HIIT et MICT à l'aide d'un test de U de Mann-Withney.

Figure 7. Atteinte de la triple cible thérapeutique avant et après l'intervention



HbA1c : hémoglobine glyquée, *CHOL-LDL* : Cholestérol à faible densité, *PA* : Pression artérielle; [†] représente une différence significative entre pré- et post-intervention ($p = 0,039$); ^{*} représente une tendance entre pré et post intervention ($p = 0,06$).

4.4 Effet des 12 semaines d'intervention sur la capacité physique

Comme présenté dans le tableau 5, la capacité cardiorespiratoire, que ce soit relative ou absolue, a augmenté dans les deux groupes sans différence significative entre ceux-ci. Une augmentation de la distance parcourue lors du TDM6 a aussi été observée après l'intervention, sans différence entre les deux groupes. La force de préhension a augmenté en réponse à l'intervention, avec une différence entre les deux groupes montrant une augmentation seulement dans le groupe HIIT. Aucun autre élément évalué de la capacité physique n'a changé en réponse à l'intervention.

Tableau 5. Capacité physique

	HIIT		MICT		ANOVA à MR Valeur de <i>p</i>
	Avant	Après	Avant	Après	
VO ₂ pic (L/min)	1,45 ± 0,31	1,55 ± 0,28	1,46 ± 0,28	1,61 ± 0,21	a = 0,048 b = 0,88
VO ₂ pic (mL/min/kg)	18,6 ± 2,5	21,1 ± 2,7	19,4 ± 5,1	22,1 ± 4,1	a = 0,016 b = 0,70
TDM6 (m)	489,0 ± 85,5	586,3 ± 53,1	515,7 ± 100,5	571,7 ± 121,1	a = 0,0001 b = 0,17
1-RM bas du corps (lbs)	248,1 ± 60,8	249,4 ± 104,8	250,0 ± 96,7	272,7 ± 128,0	a = 0,52 b = 0,58
1-RM haut du corps (lbs)	49,4 ± 19,6	56,9 ± 18,5	55,9 ± 11,7	65,3 ± 23,3	a = 0,15 b = 0,86
Force de préhension (kg)	41,0 ± 11,0	46,3 ± 13,5	46,8 ± 13,3	46,4 ± 13,5	a = 0,007 b = 0,002
Flexion du tronc (cm)	20,4 ± 9,5	23,2 ± 10,7	24,5 ± 8,0	24,1 ± 9,9	a = 0,34 b = 0,20
TDC (#)	12,3 ± 1,3	13,6 ± 2,9	12,6 ± 4,0	12,4 ± 4,4	a = 0,37 b = 0,26
EUP (sec) ‡	36,3 ± 18,5	39,2 ± 32,5	32,4 ± 34,7	55,0 ± 61,8	c = 0,55 d = 0,26

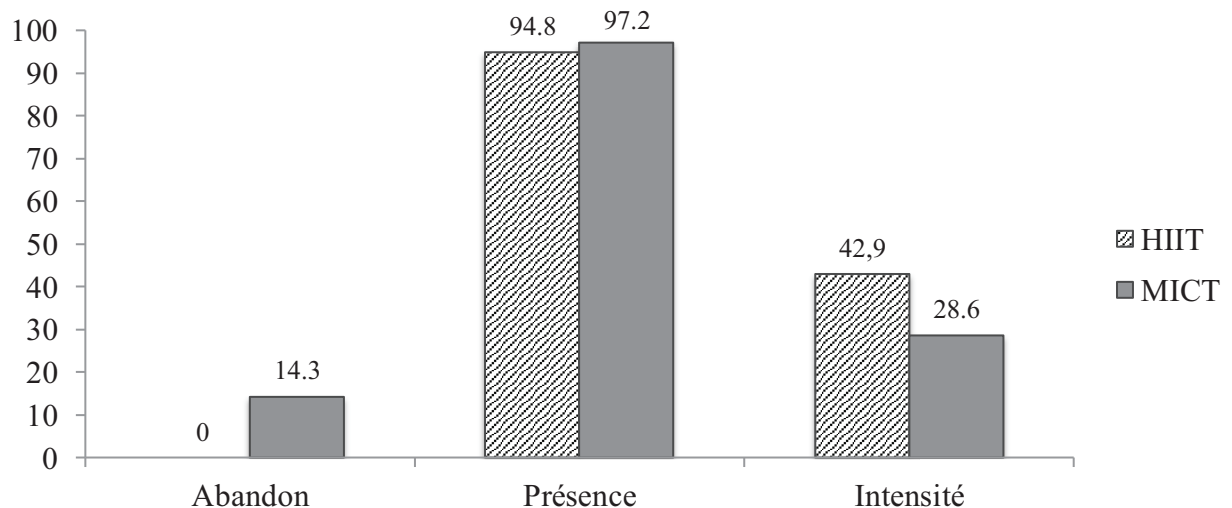
1-RM : une répétition maximale; TDC: test de lever de chaise; EUP: test d'équilibre unipodale;

a= effet de temps issu de l'ANOVA à mesures répétées; b= interaction [temps x groupe] issue de l'ANOVA à mesures répétées; ‡c= effet de l'intervention pour l'ensemble des participantes avec le test des rangs signés de Wilcoxon; d= comparaison des changements (deltas) du groupe HIIT et MICT à l'aide d'un test de U de Mann-Withney.

4.5 Acceptabilité

La présence lors des entraînements peut être considérée similaire entre le HIIT et le MICT, soit de 94,8 % et 97,2 % respectivement. Alors qu'un abandon non relié à l'intervention est survenu dans le groupe MICT, il n'y en a eu aucun dans le groupe HIIT. Concernant l'atteinte de l'intensité durant les entraînements (± 5 % FCR cible), 42,9 % des participantes ont atteint les FCR cibles lors du HIIT (semaines 5 à 12) et 28,6 % des participantes ont atteint les FCR cibles lors du MICT (semaines 1 à 12). L'analyse des intensités de travail ont permis de noter que les participantes du groupe MICT se sont entraînées en moyenne à 73 ± 8 % FCR et celles du groupe HIIT à 94 ± 11 % FCR (bloc d'intensité élevée). Lorsque nous comparons l'écart entre les FCR cibles et les FCR atteintes durant les semaines 5 à 12 dans chaque groupe (HIIT et MICT), on constate qu'aucune différence significative n'apparaît ($p = 0,17$). Seulement 1 événement indésirable sur 249 entraînements est survenu dans le groupe HIIT, soit une incontinence urinaire. Enfin, un seul abandon s'est produit en lien avec l'entraînement, mais celui-ci est survenu avant que la participante connaisse son groupe d'appartenance (HIIT vs MICT).

Figure 8. Acceptabilité du HIIT de faible volume



Les résultats sont présentés en %; L'atteinte de l'intensité est respectée si les FCR se situent à ± 5 % des FCR cibles.

4.6 Variables de contrôle

Aucune différence significative n'a été observée concernant la consommation de calorie totale, de glucides, lipides, protéines, et fibres dans le groupe HIIT et MICT (Tableau 6). En ce qui concerne l'alimentation à FIG, aucune différence n'est observée avant et après l'intervention ainsi qu'entre les groupes. Lorsqu'on analyse la charge glycémique, aucune différence significative n'est observée avant et après l'intervention ainsi qu'entre les groupes, ce qui est cohérent avec l'absence de changement de l'IG et de la quantité de glucides consommés. Enfin, le niveau d'activité physique n'a pas changé pas en réponse à l'intervention ($p = 0,79$; MICT : $139,4 \pm 64,7$ à $128,3 \pm 56,6$ vs. HIIT : $118,1 \pm 42,0$ à $135,7 \pm 38,9$).

Tableau 6. Apport énergétique et macronutriments

	HIIT		MICT		ANOVA à MR Valeur de <i>p</i>
	Avant	Après	Avant	Après	
AET (kcal)	1713 ± 232	1664 ± 328	1692 ± 270	1638 ± 240	a = 0,55 b = 0,98
Glucides (g)	216,1 ± 42,5	197,7 ± 45,8	178,1 ± 52,3	186,2 ± 54,6	a = 0,77 b = 0,45
Lipides (g)	63,1 ± 11,5	63,6 ± 17,1	76,7 ± 12,1	63,8 ± 17,3	a = 0,23 b = 0,20
Protéines (g)	74,4 ± 9,1	78,5 ± 14,0	78,1 ± 15,6	82,3 ± 23,2	a = 0,43 b = 0,99
Fibres (g)	22,1 ± 4,5	23,9 ± 3,7	21,2 ± 7,5	20,9 ± 6,3	a = 0,76 b = 0,66
IG moyen	51,9 ± 3,8	52,7 ± 7,9	53,4 ± 4,8	47,9 ± 4,5	a = 0,18 b = 0,12
Charge glycémique	112,3 ± 24,5	103,8 ± 28,5	97,1 ± 34,5	88,9 ± 25,6	a = 0,41 b = 0,99

AET : Apport énergétique total; IG : indice glycémique; a= effet de temps issu de l'ANOVA à mesures répétées; b= interaction [temps x groupe] issue de l'ANOVA à mesures répétées.

V. DISCUSSION

L'objectif principal du présent mémoire était de comparer deux modalités d'entraînement, soit le HIIT de faible volume ainsi que le MICT, dans un contexte d'alimentation à FIG tel que recommandé par Diabète Canada (Sigal et al., 2018; Sievenpiper et al., 2018) sur le profil métabolique, l'atteinte des cibles thérapeutiques, la composition corporelle, et la capacité physique de femmes âgées ayant un DT2. L'objectif secondaire était de s'assurer de l'acceptabilité du HIIT de faible volume chez cette population qui est particulièrement à risque de développer des comorbidités. Les résultats de cette étude permettent de démontrer que, dans un contexte d'alimentation à FIG, le HIIT de faible volume est faisable de la même manière que le MICT chez des femmes âgées ayant un DT2. De plus, le HIIT de faible volume semble engendrer des bénéfices comparables au MICT sur certains éléments du profil de santé et de la capacité physique et ce, pour la moitié de temps de pratique, sans nécessairement influencer de façon marquée le contrôle glycémique.

Suite à 12 semaines d'intervention, bien qu'il n'y ait pas de différence statistiquement significative, les niveaux d'insuline tendent à plus diminuer dans le groupe MICT que dans le groupe HIIT de faible volume (MICT : $-39,5 \pm 24,4$ mg/dL soit $-33,9 \pm 18,9$ % ; HIIT : $-4,0 \pm 31,4$ mg/dL soit $-9,5 \pm 34,9$ %). Pourtant, les concentrations d'insuline étaient similaires avant l'intervention (HIIT : $112,0 \pm 61,1$ mg/dL; MICT : $105,7 \pm 33,5$ mg/dL), malgré une plus grande variabilité interindividuelle dans le groupe HIIT, toujours présente en post-intervention. En théorie, cette diminution plus importante des concentrations d'insuline pourrait signifier qu'une alimentation à FIG combinée au MICT a un impact plus important sur le contrôle glycémique et l'hyperinsulinémie basale, que lorsqu'elle est combinée au HIIT de faible volume. Toutefois, une diminution comparable des niveaux de glucose à jeun (MICT : $-1,7 \pm 1,7$ mmol/L; HIIT : $-1,1 \pm 2,2$ mmol/L) fut observée dans les deux groupes d'intervention. De plus, bien que non significatif, l'HbA1c a diminué (MICT: $-0,38 \pm 0,63$ %; HIIT : $-0,26 \pm 0,62$ %) de façon similaire dans les deux groupes. Cette

diminution est cohérente avec ce qui est rapporté dans la littérature en réponse à l'entraînement aérobic (-0,22 %; Liubaoerjijin, Terada, Fletcher et Boulé, 2016). En revanche, cette méta-analyse démontrait que le HIIT serait supérieur pour diminuer l'HbA1c comparativement au MICT. Il semble donc que, lorsque combiné à une alimentation à FIG, le HIIT de faible volume puisse améliorer le métabolisme glucidique de la même façon que le MICT chez les femmes âgées qui ont un DT2 bien contrôlé (HbA1c < 7 %). Bien que l'hyperinsulinémie basale puisse être affectée différemment par la modalité d'entraînement, ces résultats remettent en question le principe selon lequel un plus grand volume d'entraînement favorise une amélioration du contrôle glycémique plus importante (Umpierre et al., 2011). Cependant, comme l'insuline et le glucose à jeun, ainsi que le HbA1c, ne sont pas le reflet de la gestion du glucose en temps réel, il faut interpréter ces données à la lumière de cette limite. Le port d'un moniteur de glucose en continu en période sans exercice et post-exercice permettrait de mieux comprendre comment ces modalités influencent le contrôle glycémique dans ce contexte.

Sachant que l'atteinte de la triple cible thérapeutique (HbA1c < 7,0 %, LDL-C < 2 mmol/L, pression artérielle < 130/80 mmHg) est corrélée à une diminution du risque de complications associées au DT2 (Casagrande et al., 2013; Hu et al., 2016), la tendance à l'augmentation de la proportion de participantes atteignant la triple cible thérapeutique (21 % à 50 % ; $p = 0,06$), mérite qu'on s'y attarde. Comme mentionné antérieurement, aucune comparaison entre les groupes n'a été faite concernant l'atteinte de la triple cible thérapeutique considérant les données manquantes en post-intervention dans le groupe HIIT (HIIT n=5 ; MICT n= 7). En revanche, il est intéressant de noter que le nombre de femmes atteignant la triple cible thérapeutique après l'intervention est équivalent dans les deux groupes (HIIT n= 3/5; MICT n = 3/7). Bien que le HbA1c et le LDL-C n'ont pas statistiquement diminué, probablement à cause d'un bon contrôle thérapeutique (voir tableau 4; Couderc et al., 2017 ; De Nardi et al., 2018), la proportion de participantes ayant atteint la cible de HbA1c et LDL-C a néanmoins légèrement augmenté. En revanche, l'analyse des cibles individuelles permet de comprendre que l'amélioration notée pour la

triple cible thérapeutique s'explique en grande partie par l'amélioration de la pression artérielle de repos qui fut observée dans les deux groupes. Ces changements de pression artérielle sont des résultats souvent observés dans plusieurs interventions tant lors du HIIT de faible volume que du MICT (Mitranun, Deerochanawong, Tanaka et Suksom, 2014; Tjonna, Lee, Rognmo et Tomas, 2008). D'ailleurs, les réductions de pression artérielle systolique et diastolique que l'on observe dans notre étude sont assez proches de celles de Tjonna et collaborateurs (2008) qui ont rapporté une réduction de 9 mmHg (HIIT) et de 10 mmHg (MICT) de la pression artérielle systolique après 12 semaines d'entraînement. Bien qu'il faille demeurer prudent dans l'interprétation des améliorations de la pression artérielle au repos, car elle est le reflet d'une seule mesure, nos résultats suggèrent néanmoins que le HIIT de faible volume est une stratégie pouvant réduire le risque de comorbidités au même titre que le MICT chez les femmes âgées ayant un DT2 bien contrôlé.

Un des facteurs pouvant expliquer l'amélioration du profil de santé est probablement la perte de masse grasse. Dans cette étude, une diminution de la masse grasse totale fut observée dans les deux groupes. L'absence de différence entre les groupes suggère deux choses différentes, mais non mutuellement exclusives, soit 1) que l'alimentation à FIG est à l'origine de la perte de masse grasse et 2) que le HIIT de faible volume est capable de générer une perte de masse grasse similaire au MICT. L'absence d'une réduction de l'apport énergétique (estimé avec les journaux alimentaires) suggère plutôt que ce soit l'entraînement qui soit à l'origine de ce changement. D'autre part, malgré qu'aucune différence significative ne soit détectée entre les groupes lors des analyses statistiques, il est tout de même intéressant de noter que la diminution de la masse grasse du tronc semble plus importante dans le groupe HIIT (HIIT : $-13,9 \pm 12,4$ % vs. MICT : $-6,4 \pm 10,1$ %). Bien qu'une grande variabilité soit présente, ces résultats sont plutôt étonnants considérant que la dépense énergétique, estimée à partir du VO_2 pic et des intensités atteintes lors des entraînements, est presque deux fois moins importante (≈ 42 %) dans le groupe HIIT (≈ 322 kcal/semaine) comparativement au MICT (≈ 775 kcal/semaine) de la semaine 5 à 12. En revanche, il a déjà été démontré que la consommation d'oxygène post-exercice (EPOC) est

plus élevée après le HIIT comparativement au MICT (Gore et Withers., 1990 ; Schaun, Alberton, Ribeiro et Pinto., 2017 ; Phelain, Reinke, Harris et Melby., 1997), ce qui témoigne d'une plus grande dépense énergétique post-exercice. Selon Gore et Withers (1990), l'intensité serait responsable à 45,5 % de l'EPOC tandis que la durée seulement de 8,9 %. En guise d'exemple, Schaun et collaborateurs (2017) ont démontré que 30 minutes d'exercice aérobie à 70 % du VO_2 max engendraient un EPOC équivalent à 6,3 % de la dépense énergétique totale (exercice : 390,5 kcal ; EPOC : 26,3 kcal) tandis que 6 intervalles à 130 % du VO_2 max engendraient un EPOC équivalent à 53,5 % de la dépense énergétique total (exercice : 55,2 kcal ; EPOC : 69,3 kcal). Il va donc sans dire que la dépense associée au HIIT de faible volume (pendant et en période de récupération) pourrait être plus élevée que l'estimation mentionnée antérieurement (≈ 322 kcal/semaine). Ceci dit, le protocole utilisé dans notre étude n'utilisait pas d'intensités supramaximales, ce qui réduit probablement la dépense énergétique post-exercice. De plus, certaines évidences scientifiques suggèrent que l'entraînement à haute intensité pourrait influencer les habitudes nutritionnelles (Finlayson, Bryant, Blundell et King, 2009; King, 1999). En revanche, l'analyse des journaux alimentaires ne démontrant aucune différence entre les groupes, il est peu probable que ce soit un des éléments explicatifs. Cependant, les journaux alimentaires demeurent des outils comportant certaines limites, dont une sous-estimé de l'apport énergétique. Enfin, des changements des niveaux d'activité physique en dehors de l'intervention pourraient aussi être considérés malgré qu'il fût demandé aux participantes de ne pas changer leurs habitudes de vie en dehors des interventions proposées dans le projet. En effet, l'augmentation du sentiment d'autonomisation (*empowerment*) chez les individus atteints de maladies chroniques grâce à la pratique d'activité physique adaptée est une hypothèse à ne pas négliger. L'augmentation du sentiment d'autonomisation peut mener à des changements d'habitude de vie, tel qu'une pratique d'activité physique plus régulière et ultimement engendrer une perte de poids. Malgré qu'aucune analyse qualitative n'ait été effectuée concernant le sentiment d'autonomisation, plusieurs femmes du groupe HIIT ont rapporté être surprises de l'intensité à laquelle elles ont réussi à s'entraîner et comment ce programme leur a permis d'effectuer des tâches qu'elles croyaient impossibles. Les données recueillies grâce au questionnaire PASE ne permettent néanmoins pas de faire

cette analyse. Dans ce contexte, l'analyse des données d'accélérométrie aurait été particulièrement intéressante. Malheureusement, comme mentionné dans la méthodologie, les nombreuses problématiques survenues au cours de l'intervention ont empêché l'analyse de la dépense énergétique pré- et post-intervention. Afin de mieux comprendre comment le HIIT de faible volume induit une perte de masse grasse, des études futures devraient s'attarder au sentiment d'autonomisation, au niveau d'activité physique ainsi qu'à l'activité lipolytique du tissu adipeux.

Sur la base de la littérature scientifique, nous avons émis l'hypothèse que la capacité cardiorespiratoire s'améliorerait davantage dans le groupe HIIT de faible volume comparativement au groupe MICT. Suite à 12 semaines d'intervention, une amélioration similaire de la capacité cardiorespiratoire (VO_2 pic relatif et absolu) des femmes du groupe HIIT et MICT fut observée. Ce résultat est relativement étonnant compte tenu du fait qu'une vaste majorité d'études démontre une supériorité du HIIT pour l'augmentation du VO_2 max (Cassidy, Thomas, Houghton et Trenell., 2017; De Nardi et al., 2018). Cette différence avec la littérature pourrait s'expliquer par l'intensité de l'entraînement du groupe MICT. Effectivement, alors que l'intensité prescrite dans le groupe MICT était de 60 % FCR, l'analyse à posteriori des intensités atteintes lors des 12 semaines de MICT montre une intensité moyenne à 73 % FCR (IC à 95 % : 65,4 – 80,5 %) dû à un mauvais calcul des FCR cibles au début de l'intervention. Ceci revient donc à dire que les participantes du groupe MICT ne se sont pas entraînées à une intensité modérée (40-59 % VO_2 max ; Keating, Johnson, Mielke et Coombes, 2017). Sachant qu'une intensité plus élevée favorise une amélioration de la capacité cardiorespiratoire, il est donc possible que s'entraîner 150 minutes/semaine à cette intensité produise les mêmes améliorations que 75 minutes/semaine de HIIT. Malgré qu'aucune différence ne soit observée entre les groupes, l'amélioration du VO_2 pic est en moyenne de 2,58 mL/kg/min (0,13 L/min). Une grande étude de cohorte a démontré que pour chaque amélioration de 1,44 mL/kg/min du VO_2 max, une réduction de 7,9 % de risque de mortalité prématurée est observée (Blair et al., 1995). Basés sur ces résultats, nous pourrions supposer que l'amélioration de la capacité cardiorespiratoire induite par notre intervention a diminué le risque de mortalité

prématurée. En revanche, l'augmentation du VO_2 pic relative pourrait être simplement causée par la perte de poids des participantes pendant l'intervention. Fait intéressant, l'augmentation absolue du VO_2 pic est significative pour l'ensemble des participantes, démontrant le réel impact du MICT et HIIT de faible volume sur la capacité cardiorespiratoire. Sachant qu'une amélioration de la capacité cardiorespiratoire est associée à une augmentation de la sensibilité à l'insuline (Wei et al., 1999), et favorise le transport du glucose de la circulation sanguine vers les muscles squelettiques (Perseghin et al., 1996), nous pouvons supposer que cette amélioration contribue à améliorer le contrôle du DT2 et réduire ainsi le risque de comorbidités associées au DT2.

Bien que la capacité cardiorespiratoire soit un élément important de la capacité physique, évaluer d'autres composantes permet d'avoir un portrait plus global, et cela particulièrement chez les personnes âgées. Après les 12 semaines d'intervention, la distance parcourue lors du TDM6 a augmenté dans les deux groupes (HIIT : $+ 97,3 \pm 58,9$ m vs. MICT : $+ 56,0 \pm 47,1$ m). La force des membres supérieurs (force de préhension) a augmenté significativement après l'intervention ($p = 0,007$) et ce, avec une interaction [temps x groupe] issue de l'ANOVA à mesures répétées ($p = 0,002$; HIIT : $+ 5,3 \pm 3,3$ kg vs. MICT : $- 0,4 \pm 1,8$ kg). Concernant ce dernier résultat, les participantes du groupe HIIT semblaient avoir une force de préhension plus faible avant le début de l'intervention. Peut-être que cet écart pourrait expliquer les différences entre les deux groupes. Ce qui est intéressant, c'est le fait que les participantes des deux groupes ont amélioré leur performance au TDM6 de façon cliniquement significative. En effet, une augmentation se situant entre 54 et 80 m, est reconnue comme une amélioration cliniquement significative (Wise et Brown, 2005). En revanche, une récente méta-analyse de Bellet et collaborateurs (2012) a démontré qu'une amélioration de 60,43 mètres était nécessaire afin d'observer une amélioration clinique, du moins chez des patients en réhabilitation cardiaque. Dans ce contexte le HIIT serait peut-être plus efficace afin d'améliorer la capacité aérobie sous-maximale comparativement au MICT chez des femmes âgées ayant un DT2. Ces résultats démontrent donc que 75 min/semaine de HIIT de faible volume est suffisant pour améliorer la capacité aérobie sous-maximale, de même que la force de préhension. Sachant qu'une

faible force de préhension est considérée comme un prédicteur de la perte d'autonomie lors des activités de la vie quotidienne et du déclin cognitif chez les personnes très âgées (Taekema et al., 2010), ces résultats renforcent l'importance de la pratique d'exercice chez les personnes âgées ayant un DT2.

En plus de tous les bénéfices associés au HIIT de faible volume combiné à une alimentation à FIG, nos résultats démontrent qu'il s'agit d'une réelle option pour les femmes âgées inactives qui ont un DT2, du moins, lorsque l'entraînement est supervisé par un spécialiste de l'activité physique. En effet, la présence lors des entraînements est similaire entre les groupes HIIT et MICT, soit 94,8 % et 97,2 % respectivement. En ce qui concerne le nombre d'abandons, il y a eu 1 seul abandon dans le groupe MICT. En revanche, la raison de cet abandon dans le groupe MICT après 3 semaines d'entraînement n'a pas été spécifiée. Ces résultats sont en accord avec la méta-analyse de Liubaoerjijin et collaborateurs (2016) ayant analysé l'adhérence ainsi que le nombre d'abandons chez une population d'âge varié ayant un DT2. Concernant l'atteinte de l'intensité prescrite durant les entraînements ($\pm 5\%$ FCR cible), 42,9 % des participantes se sont entraînées entre 85 et 95 % FCR dans le groupe HIIT et 28,6 % des participantes se sont entraînées entre 55 et 65 % FCR dans le groupe MICT. Ce faible pourcentage d'atteinte dans le groupe MICT s'explique par une erreur de calcul des FCR cibles lors de la préparation individuelle de chaque entraînement. Il est donc difficile de comparer le HIIT et le MICT concernant l'atteinte des FCR durant les entraînements. En revanche, considérant que les deux groupes se sont entraînés à des intensités plus élevées que ce qui était initialement prévu, il est quand même possible de conclure que l'atteinte de ces intensités est réalisable chez la population à l'étude. Ceci suggère qu'il ne faut pas penser que des personnes âgées inactives ayant une maladie chronique ne peuvent atteindre des intensités plus élevées et les maintenir durant plusieurs semaines. À priori, le HIIT de faible volume est une modalité faisable et acceptée des femmes âgées ayant un DT2.

Bien que ce mémoire repose sur les données préliminaires d'une étude en cours (échantillon complet visé de 32), cette dernière comporte certaines limites qui doivent être

considérées lors de l'interprétation des résultats. Tout d'abord, les résultats découlant de ce mémoire doivent être utilisés avec précaution considérant le faible échantillon ($n=14$). En effet, une puissance statistique réduite pourrait diminuer le nombre de résultats significatifs malgré la présence d'un changement cliniquement important. Ensuite, bien que Diabète Canada recommande une alimentation à FIG, il n'existe pas de méthode validée pour évaluer le changement des habitudes alimentaires et ainsi confirmer que les participantes de ce projet ont réellement suivi ce type d'alimentation. Dans ce contexte, l'analyse des journaux alimentaires sur la base de l'article d'Atkinson et al. (2008) a permis d'estimer l'IG et la charge glycémique moyenne pour chaque participante. Cependant, on remarque que l'IG semblait déjà assez faible avant l'intervention et n'a pas changé après les 12 semaines. Il est donc possible que la stratégie employée pour contrôler l'IG ne soit pas adéquate ou bien que les participantes ayant participé à cette étude suivaient déjà une alimentation à FIG sans nécessairement s'en rendre compte. Bien qu'offrir les repas pendant toute l'intervention aurait permis de contrôler cet aspect, cette avenue semble irréaliste lorsqu'il est question d'intervention contrôlée sur plusieurs semaines. Dans ce contexte, un groupe témoin suivant uniquement l'alimentation FIG nous aurait permis de mieux distinguer l'effet de l'entraînement (HIIT et MICT) à ceux de l'alimentation FIG. Une autre limite est l'utilisation de mesures à jeun et du HbA1c pour évaluer le métabolisme du glucose. Ces données ne reflétant pas la réponse glycémique en temps réel, il faut interpréter les résultats avec précaution. L'utilisation de moniteurs de glucose en continu permettrait d'obtenir des résultats quant à l'effet du HIIT de faible volume et du MICT sur la réponse dynamique du glucose.

En revanche, de nombreuses forces se doivent d'être nommées. En effet, au meilleur de nos connaissances, cette étude est l'une des premières comparant 150 min/semaine de MICT au HIIT de faible volume dans un contexte d'alimentation à FIG, alors qu'il s'agit des recommandations de Diabète Canada (Sigal et al., 2018 ; Sievenpiper et al., 2018). De plus, les critères d'inclusion et d'exclusion strictes ont permis d'améliorer l'homogénéité de notre échantillon, de réduire le nombre de participants nécessaires et d'estimer avec plus de précision la réponse des femmes âgées ayant un DT2 au HIIT de faible volume. De

surcroît, peu d'études ont utilisé des protocoles d'entraînement sur tapis roulant. Considérant que la marche est l'une des activités préférées des femmes âgées (Suh et Kim., 2018), il est d'autant plus pertinent d'utiliser cette modalité d'entraînement chez cette population. Enfin, il est à noter que tous les entraînements ont été supervisés par les mêmes kinésiologues permettant une certaine standardisation dans la supervision des entraînements ainsi qu'une fidélité lors des prises de mesures visant à assurer l'aspect sécuritaire de la pratique (glycémies capillaires et pressions artérielles pré- et post-entraînement ; *données non présentées dans ce mémoire*).

VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le HIIT de faible volume semble être une modalité d'entraînement faisable et acceptée des femmes âgées ayant un DT2 et confère des bénéfices similaires aux recommandations plus traditionnelles de Diabète Canada. Nos résultats permettent donc de supporter les nouvelles recommandations de Diabète Canada émises en 2018 mentionnant brièvement l'utilisation du HIIT pour les personnes désirant réduire leur temps de pratique ou pour celles qui ne sont pas capables de maintenir un effort continu de longue durée. Bien que ces recommandations sont basées sur une analyse de la littérature, il n'existe à l'heure actuelle aucune étude publiée qui combine une alimentation à FIG et le HIIT de faible volume, alors qu'il s'agit de deux pratiques suggérées pour améliorer la gestion de la maladie. Considérant que le manque de temps est encore cité comme étant une barrière à la pratique d'activité physique chez les personnes vieillissantes, le HIIT de faible volume pourrait devenir une alternative prometteuse.

Les résultats obtenus dans ce projet soulèvent une multitude de questions quant aux mécanismes physiologiques expliquant que le HIIT de faible volume procure des bénéfices similaires au MICT, pour la moitié moins de temps. Comprendre les mécanismes sous-jacents à la perte de masse grasse permettrait une meilleure compréhension des effets des diverses modalités d'entraînement sur la composition corporelle. Étant donné qu'il est possible que les mécanismes physiologiques qui expliquent les bénéfices du MICT et HIIT de faible volume soient différents, il serait aussi fort intéressant d'évaluer les effets d'un programme d'entraînement combinant ces deux modalités d'entraînement. De plus, des études futures devront s'intéresser à l'effet du HIIT de faible volume sur le contrôle glycémique via des outils permettant une mesure en temps réel de la glycémie. Enfin, les personnes âgées qui ont un DT2 présentent aussi de nombreuses comorbidités pour lesquelles un traitement pharmacologique est souvent présent. À l'heure actuelle, bien que des études démontrent que certains traitements, comme les bêtabloquants, peuvent altérer le contrôle glycémique, aucune étude ne s'est encore intéressée à déterminer si la médication pouvait affecter les bénéfices associés à l'entraînement. Ce type d'analyse permettrait

probablement de développer des interventions de précision qui améliorerait le profil de santé des personnes âgées ayant plusieurs maladies chroniques.

RÉFÉRENCES

- Abdulraheem, I. (2013). "Polypharmacy: A Risk Factor for Geriatric Syndrome, Morbidity & Mortality." *Aging Sci* 1: e103.
- Agence de santé publique du Canada., 2010 : <https://www.canada.ca/en/public-health/services/chronic-diseases/cardiovascular-disease/six-types-cardiovascular-disease.html>
- Ajala, O., English, P., & Pinkney, J. (2013). Systematic review and meta-analysis of different dietary approaches to the management of type 2 diabetes. *The American journal of clinical nutrition*, 97(3), 505-516.
- Anja, B., & Laura, R. (2017). The cost of diabetes in Canada over 10 years: applying attributable health care costs to a diabetes incidence prediction model. *Health promotion and chronic disease prevention in Canada: research, policy and practice*, 37(2), 49.
- Atkinson, F. S., Foster-Powell, K., & Brand-Miller, J. C. (2008). International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes care*, 31(12), 2281-2283.
- Attard, S. M., Herring, A. H., Wang, H., Howard, A. G., Thompson, A. L., Adair, L. S., ... & Gordon-Larsen, P. (2015). Implications of iron deficiency/anemia on the classification of diabetes using HbA1c. *Nutrition & diabetes*, 5(6), e166.
- Backx, K., McCann, A., Wasley, D., Dunseath, G., Luzio, S., & Owens, D. (2011). The effect of a supported exercise programme in patients with newly diagnosed Type 2 diabetes: a pilot study. *Journal of sports sciences*, 29(6), 579-586.
- Barclay, A. W., Petocz, P., McMillan-Price, J., Flood, V. M., Prvan, T., Mitchell, P., & Brand-Miller, J. C. (2008). Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk—a meta-analysis of observational studies. *The American journal of clinical nutrition*, 87(3), 627-637.
- Bartlett, J. D., Close, G. L., MacLaren, D. P., Gregson, W., Drust, B., & Morton, J. P. (2011). High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *Journal of sports sciences*, 29(6), 547-553.
- Bash, L. D., Selvin, E., Steffes, M., Coresh, J., & Astor, B. C. (2008). Poor glycemic control in diabetes and the risk of incident chronic kidney disease even in the absence of albuminuria and retinopathy: Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study. *Archives of internal medicine*, 168(22), 2440-2447.

- Bellet, R. N., Adams, L., & Morris, N. R. (2012). The 6-minute walk test in outpatient cardiac rehabilitation: validity, reliability and responsiveness—a systematic review. *Physiotherapy*, 98(4), 277-286.
- Blair, S. N., Kohl, H. W., Barlow, C. E., Paffenbarger, R. S., Gibbons, L. W., & Macera, C. A. (1995). Changes in physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy and unhealthy men. *Jama*, 273(14), 1093-1098.
- Bonora, E., Targher, G., Alberiche, M., Bonadonna, R. C., Saggiani, F., Zenere, M. B., ... & Muggeo, M. (2000). Homeostasis model assessment closely mirrors the glucose clamp technique in the assessment of insulin sensitivity: studies in subjects with various degrees of glucose tolerance and insulin sensitivity. *Diabetes care*, 23(1), 57-63.
- Booth, G., & Cheng, A. Y. (2013). Méthodes. *Canadian journal of diabetes*, 37, S365-S368.
- Booth, G. L., Kapral, M. K., Fung, K., & Tu, J. V. (2006). Relation between age and cardiovascular disease in men and women with diabetes compared with non-diabetic people: a population-based retrospective cohort study. *The Lancet*, 368(9529), 29-36.
- Boulé, N. G., Haddad, E., Kenny, G. P., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2001). Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *Jama*, 286(10), 1218-1227.
- Boulé, N. G., Kenny, G. P., Haddad, E., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2003). Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*, 46(8), 1071-1081.
- Brach, J. S., Simonsick, E. M., Kritchevsky, S., Yaffe, K., Newman, A. B., & Health, Aging and Body Composition Study Research Group. (2004). The association between physical function and lifestyle activity and exercise in the health, aging and body composition study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(4), 502-509.
- Brand-Miller, J., Hayne, S., Petocz, P., & Colagiuri, S. (2003). Low-glycemic index diets in the management of diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes care*, 26(8), 2261-2267.
- Brand, J. C., Colagiuri, S., Crossman, S., Allen, A., Roberts, D. C., & Truswell, A. S. (1991). Low-glycemic index foods improve long-term glycemic control in NIDDM. *Diabetes care*, 14(2), 95-101.
- Brown, L., Rosner, B., Willett, W. W., & Sacks, F. M. (1999). Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 69(1), 30-42.

- Brzycki, M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90.
- Canadian Diabetes Association, & Tsunami, A. E. The Cost of Diabetes in Canada. Canadian Diabetes Association, 2009.
- Canadian Diabetes Association Clinical Practice Guidelines Expert Committee. (2013). Canadian Diabetes Association 2013 Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Management of Diabetes in Canada. *Can J Diabetes*, 37 (suppl 1)
- Canadian Society for Exercise Physiology. Canadian Physical Activity, Fitness and Lifestyle Approach (CPAFLA), Third Edition. Ottawa: Canadian Society for Exercise Physiology, 2003.
- Candrilli, S. D., Davis, K. L., Kan, H. J., Lucero, M. A., & Rousculp, M. D. (2007). Prevalence and the associated burden of illness of symptoms of diabetic peripheral neuropathy and diabetic retinopathy. *Journal of Diabetes and its Complications*, 21(5), 306-314.
- Caspersen, C. J., Pereira, M. A., & Curran, K. M. (2000). Changes in physical activity patterns in the United States, by sex and cross-sectional age. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(9), 1601-1609.
- Casagrande, S. S., Fradkin, J. E., Saydah, S. H., Rust, K. F., & Cowie, C. C. (2013). The prevalence of meeting A1C, blood pressure, and LDL goals among people with diabetes, 1988–2010. *Diabetes care*, 36(8), 2271-2279.
- Cassidy, S., Thoma, C., Houghton, D., & Trenell, M. I. (2017). High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*, 60(1), 7-23.
- Cavagnolli, G., Pimentel, A. L., Freitas, P. A. C., Gross, J. L., & Camargo, J. L. (2017). Effect of ethnicity on HbA1c levels in individuals without diabetes: Systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 12(2), e0171315.
- Chandalia, M., Garg, A., Lutjohann, D., von Bergmann, K., Grundy, S. M., & Brinkley, L. J. (2000). Beneficial effects of high dietary fiber intake in patients with type 2 diabetes mellitus. *New England Journal of Medicine*, 342(19), 1392-1398.
- Cheng, A. Y., & Lau, D. C. (2013). The Canadian Diabetes Association 2013 clinical practice guidelines - raising the bar and setting higher standards! *Canadian journal of diabetes*, 37(3), 137-138.

- Chudyk, A., & Petrella, R. J. (2011). Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: a meta-analysis. *Diabetes care*, 34(5), 1228-1237.
- Clements, R. S. (1979). Diabetic neuropathy - new concepts of its etiology. *Diabetes*, 28(6), 604-611.
- Colberg, S. R., Albright, A. L., Blissmer, B. J., Braun, B., Chasan-Taber, L., Fernhall, B., ... & Sigal, R. J. (2010). Exercise and type 2 diabetes: American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. Exercise and type 2 diabetes. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(12), 2282-2303.
- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Yardley, J. E., Riddell, M. C., Dunstan, D. W., Dempsey, P. C., ... & Tate, D. F. (2016). Physical activity/exercise and diabetes: a position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*, 39(11), 2065-2079.
- Couderc, R., Antar, M., Bonnefont-Rousselot, D., Paul, J. L., & Therond, P. (2017, November). Le bilan lipidique en 2017. In *Annales de biologie clinique* (Vol. 75, No. 6, pp. 646-652).
- Diabetes Prevention Program Research Group [Prepared by Jill Crandall, David Schade, Yong Ma, Wilfred Y. Fujimoto, Elizabeth Barrett-Connor, Sarah Fowler, Sam Dagogo-Jack, Reubin Andres]. (2006). The influence of age on the effects of lifestyle modification and metformin in prevention of diabetes. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(10), 1075-1081.
- Cress, M. E., Buchner, D. M., Questad, K. A., Esselman, P. C., DeLateur, B. J., & Schwartz, R. S. (1999). Exercise: effects on physical functional performance in independent older adults. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 54(5), M242-M248.
- De Nardi, A. T., Tolves, T., Lenzi, T. L., Signori, L. U., & da Silva, A. M. V. (2018). High-intensity interval training versus continuous training on physiological and metabolic variables in prediabetes and type 2 diabetes: A meta-analysis. *Diabetes research and clinical practice*, 137, 149-159.
- de Rezende LF1, Rey-López JP, Matsudo VK, do Carmo Luiz O. (2014). Sedentary behavior and health outcomes among older adults: a systematic review. *BMC Public Health*. 9(14),333.
- Deshpande, A. D., Harris-Hayes, M., & Schootman, M. (2008). Epidemiology of diabetes and diabetes-related complications. *Physical therapy*, 88(11), 1254-1264.
- Dong, J. Y., Zhang, L., Zhang, Y. H., & Qin, L. Q. (2011). Dietary glycaemic index and glycaemic load in relation to the risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies. *British Journal of Nutrition*, 106(11), 1649-1654.

- Enright, P. L. (2003). The six-minute walk test. *Respiratory care*, 48(8), 783-785.
- Esposito, K., Chiodini, P., Bellastella, G., Maiorino, M. I., & Giugliano, D. (2012). Proportion of patients at HbA1c target < 7% with eight classes of antidiabetic drugs in type 2 diabetes: systematic review of 218 randomized controlled trials with 78 945 patients. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 14(3), 228-233.
- Evans, W. J., & Campbell, W. W. (1993). Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *The Journal of nutrition*, 123(2 Suppl), 465-468.
- Fex, A., Leduc-Gaudet, J. P., Filion, M. E., Karelis, A. D., & Aubertin-Leheudre, M. (2015). Effect of elliptical high intensity interval training on metabolic risk factor in pre-and type 2 diabetes patients: A pilot study. *Journal of Physical Activity and Health*, 12(7), 942-946.
- Finlayson, G., Bryant, E., Blundell, J. E., & King, N. A. (2009). Acute compensatory eating following exercise is associated with implicit hedonic wanting for food. *Physiology & behavior*, 97(1), 62-67.
- Fisher, G., Brown, A. W., Brown, M. M. B., Alcorn, A., Noles, C., Winwood, L., ... & Allison, D. B. (2015). High intensity interval-vs moderate intensity-training for improving cardiometabolic health in overweight or obese males: a randomized controlled trial. *PloS one*, 10(10), e0138853.
- Fisher, L., Glasgow, R. E., & Strycker, L. A. (2010). The relationship between diabetes distress and clinical depression with glycemic control among patients with type 2 diabetes. *Diabetes care*, 33(5), 1034-1036.
- Fleg, J. L., & Lakatta, E. G. (1988). Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO2 max. *Journal of applied physiology*, 65(3), 1147-1151.
- Fontvieille, A. M., Rizkalla, S. W., Penfornis, A., Acosta, M., Bornet, F. R. J., & Slama, G. (1992). The use of low glycaemic index foods improves metabolic control of diabetic patients over five weeks. *Diabetic Medicine*, 9(5), 444-450.
- Franz, M. J., Monk, A., Barry, B., McClain, K. A. T. H. R. Y. N., Weaver, T., Cooper, N., ... & Mazze, R. S. (1995). Effectiveness of medical nutrition therapy provided by dietitians in the management of non-insulin-dependent diabetes mellitus: a randomized, controlled clinical trial. *Journal of the American Dietetic Association*, 95(9), 1009-1017.
- Gallagher, E. J., Le Roith, D., & Bloomgarden, Z. (2009). Review of hemoglobin A1c in the management of diabetes. *Journal of diabetes*, 1(1), 9-17.

- Gallo-Villegas, J., Aristizabal, J. C., Estrada, M., Valbuena, L. H., Narvaez-Sanchez, R., Osorio, J., ... & Calderón, J. C. (2018). Efficacy of high-intensity, low-volume interval training compared to continuous aerobic training on insulin resistance, skeletal muscle structure and function in adults with metabolic syndrome: study protocol for a randomized controlled clinical trial (Intraining-MET). *Trials*, 19(1), 144.
- García-Pinillos, F., Laredo-Aguilera, J. A., Muñoz-Jiménez, M., & Latorre-Román, P. A. (2017). Effects of 12-week concurrent high-intensity interval strength and endurance training programme on physical performance in healthy older people. *Journal of strength and conditioning research*, sous presse.
- Genest, J., McPherson, R., Frohlich, J., Anderson, T., Campbell, N., Carpentier, A., ... & Grover, S. (2009). 2009 Canadian Cardiovascular Society/Canadian guidelines for the diagnosis and treatment of dyslipidemia and prevention of cardiovascular disease in the adult—2009 recommendations. *Canadian Journal of Cardiology*, 25(10), 567-579.
- Goff, L. M., Cowland, D. E., Hooper, L., & Frost, G. S. (2013). Low glycaemic index diets and blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 23(1), 1-10.
- Goldenberg, R., & Punthakee, Z. (2013). Definition, classification and diagnosis of diabetes, prediabetes and metabolic syndrome. *Canadian journal of diabetes*, 37, S8-S11.
- Gore, C. J., & Withers, R. T. (1990). The effect of exercise intensity and duration on the oxygen deficit and excess post-exercise oxygen consumption. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 60(3), 169-174.
- Gregg, E. W., Beckles, G. L., Williamson, D. F., Leveille, S. G., Langlois, J. A., Engelgau, M. M., & Narayan, K. M. (2000). Diabetes and physical disability among older US adults. *Diabetes care*, 23(9), 1272-1277.
- Greenwood, D. C., Threapleton, D. E., Evans, C. E., Cleghorn, C. L., Nykjaer, C., Woodhead, C., & Burley, V. J. (2013). Glycemic Index, Glycemic Load, Carbohydrates, and Type 2 Diabetes: Systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Diabetes Care*, 36(12), 4166-4171.
- Gunness, P., & Gidley, M. J. (2010). Mechanisms underlying the cholesterol-lowering properties of soluble dietary fibre polysaccharides. *Food & function*, 1(2), 149-155.
- Guyatt, G. H., Sullivan, M. J., Thompson, P. J., Fallen, E. L., Pugsley, S. O., Taylor, D. W., & Berman, L. B. (1985). The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in

- patients with chronic heart failure. *Canadian Medical Association Journal*, 132(8), 919.
- Hajjar, E. R., A. C. Cafiero, et al. (2007). Polypharmacy in elderly patients. *The American journal of geriatric pharmacotherapy*, 5(4), 345-351.
- Hamed, N. S., & Raoof, N. A. L. A. (2014). Effect of high intensity interval training on diabetic obese women with polyneuropathy: a randomized controlled clinical trial. *Physical Therapy and Rehabilitation*, 1(1), 4.
- Hansen, D., Dendale, P., Jonkers, R. A. M., Beelen, M., Manders, R. J. F., Corluy, L., ... & Van Loon, L. J. C. (2009). Continuous low-to moderate-intensity exercise training is as effective as moderate-to high-intensity exercise training at lowering blood HbA1c in obese type 2 diabetes patients. *Diabetologia*, 52(9), 1789-1797.
- Herman, W. H., Ma, Y., Uwaifo, G., Haffner, S., Kahn, S. E., Horton, E. S., ... & Barrett-Connor, E. (2007). Differences in A1C by race and ethnicity among patients with impaired glucose tolerance in the Diabetes Prevention Program. *Diabetes care*, 30(10), 2453-2457.
- Hollekin-Strand, S. M., Bjørgaas, M. R., Albrektsen, G., Tjønnå, A. E., Wisløff, U., & Ingul, C. B. (2014). High-Intensity Interval Exercise Effectively Improves Cardiac Function in Patients With Type 2 Diabetes Mellitus and Diastolic Dysfunction. *Journal of the American College of Cardiology*, 64(16), 1758-1760.
- Hu, H., Hori, A., Nishiura, C., Sasaki, N., Okazaki, H., Nakagawa, T., ... & Nagahama, S. (2016). Hba1c, blood pressure, and lipid control in people with diabetes: Japan Epidemiology Collaboration on Occupational Health Study. *PloS one*, 11(7), e0159071.
- Imai, S., Kozai, H., Matsuda, M., Hasegawa, G., Obayashi, H., Togawa, C., ... & Kajiyama, S. (2008). Intervention with delivery of diabetic meals improves glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus. *Journal of clinical biochemistry and nutrition*, 42(1), 59-63.
- International Diabetes Federation. (2013). Managing Older People with Type 2 Diabetes Global Guideline. *Brussels, Belgium: International Diabetes Federation*.
- Jelleyman, C., Yates, T., O'Donovan, G., Gray, L. J., King, J. A., Khunti, K., & Davies, M. J. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obesity reviews*, 16(11), 942-961.

- Jenkins, D. J., Wolever, T. M., Taylor, R. H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J. M., ... & Goff, D. V. (1981). Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *The American journal of clinical nutrition*, 34(3), 362-366.
- Jenkins, D. J., Kendall, C. W., McKeown-Eyssen, G., Josse, R. G., Silverberg, J., Booth, G. L., ... & Banach, M. S. (2008). Effect of a low-glycemic index or a high-cereal fiber diet on type 2 diabetes: A randomized trial. *JAMA*, 300(23), 2742-2753.
- Jimenez-Cruz, A., Gutiérrez-González, A. N., & Bacardi-Gascon, M. (2005). Low glycemic index lunch on satiety in overweight and obese people with type 2 diabetes. *Nutricion hospitalaria*, 20(5), 348-50
- Jung, M. E., Bourne, J. E., & Little, J. P. (2014). Where does HIT fit? An examination of the affective response to high-intensity intervals in comparison to continuous moderate-and continuous vigorous-intensity exercise in the exercise intensity-affect continuum. *PLoS One*, 9(12), e114541.
- Kaminsky, L. A., Arena, R., Beckie, T. M., Brubaker, P. H., Church, T. S., Forman, D. E., ... & Patel, M. J. (2013). The importance of cardiorespiratory fitness in the United States: the need for a national registry: a policy statement from the American Heart Association. *Circulation*, 127(5), 652-662.
- Kannel, W. B. (1985). Lipids, diabetes, and coronary heart disease: insights from the Framingham Study. *American heart journal*, 110(5), 1100-1107.
- Kannel, W. B., & McGee, D. L. (1979). Diabetes and cardiovascular disease: the Framingham study. *JAMA*, 241(19), 2035-2038.
- Karnchanasorn, R., Huang, J., Ou, H. Y., Feng, W., Chuang, L. M., Chiu, K. C., & Samoa, R. (2016). Comparison of the current diagnostic criterion of HbA1c with fasting and 2-hour plasma glucose concentration. *Journal of diabetes research*, 2016:6195494. doi: 10.1155/2016/6195494.
- Karstoft, K., Winding, K., Knudsen, S. H., Nielsen, J. S., Thomsen, C., Pedersen, B. K., & Solomon, T. P. (2013). The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetic patients. *Diabetes care*, 36(2), 228-236.
- Katzmarzyk, P. T., Church, T. S., Janssen, I., Ross, R., & Blair, S. N. (2005). Metabolic syndrome, obesity, and mortality: impact of cardiorespiratory fitness. *Diabetes care*, 28(2), 391-397.
- Kawano, H., Motoyama, T., Hirashima, O., Hirai, N., Miyao, Y., Sakamoto, T., ... & Yasue, H. (1999). Hyperglycemia rapidly suppresses flow-mediated endothelium-dependent vasodilation of brachial artery. *Journal of the American College of Cardiology*, 34(1), 146-154.

- Keating, S. E., Johnson, N. A., Mielke, G. I., & Coombes, J. S. (2017). A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obesity Reviews*, 18(8), 943-964.
- Kimm, S. Y., Glynn, N. W., McMahon, R. P., Voorhees, C. C., Striegel-moore, R. H., & Daniels, S. R. (2006). Self-perceived barriers to activity participation among sedentary adolescent girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(3), 534-540.
- King, N. A. (1999). What processes are involved in the appetite response to moderate increases in exercise-induced energy expenditure?. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(1), 107-113.
- Kulkarni, K., Castle, G. A. Y., Gregory, R., Holmes, A., Leontos, C., Powers, M., ... & Wylie-Rosett, J. (1998). Nutrition practice guidelines for type 1 diabetes mellitus positively affect dietitian practices and patient outcomes. *Journal of the American Dietetic Association*, 98(1), 62-70.
- Leidy, N. K. (1994). Functional status and the forward progress of merry-go-rounds: toward a coherent analytical framework. *Nursing research*, 43(4), 196-202.
- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., ... & Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of applied physiology*, 111(6), 1554-1560.
- Little, J. P., Jung, M. E., Wright, A. E., Wright, W., & Manders, R. J. (2014). Effects of high-intensity interval exercise versus continuous moderate-intensity exercise on postprandial glycemic control assessed by continuous glucose monitoring in obese adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(7), 835-841.
- Liubaoerjijin, Y., Terada, T., Fletcher, K., & Boulé, N. G. (2016). Effect of aerobic exercise intensity on glycemic control in type 2 diabetes: a meta-analysis of head-to-head randomized trials. *Acta diabetologica*, 53(5), 769-781.
- Lozano, R., Naghavi, M., Foreman, K., Lim, S., Shibuya, K., Aboyans, V., ... & AlMazroa, M. A. (2012). Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The lancet*, 380(9859), 2095-2128.
- Ludwig, D. S., Majzoub, J. A., Al-Zahrani, A., Dallal, G. E., Blanco, I., & Roberts, S. B. (1999). High glycemic index foods, overeating, and obesity. *Pediatrics*, 103(3), e26-e26.

- Lührmann, P. M., Herbert, B. M., Gaster, C., & Neuhäuser-Berthold, M. (1999). Validation of a self-administered 3-day estimated dietary record for use in the elderly. *European journal of nutrition*, 38(5), 235-240.
- Madsen, S. M., Thorup, A. C., Overgaard, K., & Jeppesen, P. B. (2015). High intensity interval training improves glycaemic control and pancreatic β cell function of type 2 diabetes patients. *PloS one*, 10(8), e0133286.
- Maillard, F., Pereira, B., & Boisseau, N. (2018). Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(2):269-288.
- Maillard, F., Rousset, S., Pereira, B., Traore, A., Del Amaze, P. D. P., Boirie, Y., ... & Boisseau, N. (2016). High-intensity interval training reduces abdominal fat mass in postmenopausal women with type 2 diabetes. *Diabetes & metabolism*, 42(6), 433-441.
- Mancini, G. J., Hegele, R. A., Leiter, L. A., & Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert Committee. (2018). Dyslipidemia. *Canadian journal of diabetes*, 42, S178-S185.
- Marsh, K., Barclay, A., Colagiuri, S., & Brand-Miller, J. (2011). Glycemic index and glycemic load of carbohydrates in the diabetes diet. *Current diabetes reports*, 11(2), 120-127.
- Martins, C., Kazakova, I., Ludviksen, M., Mehus, I., Wisloff, U., Kulseng, B., ... & King, N. (2016). High-intensity interval training and isocaloric moderate-intensity continuous training result in similar improvements in body composition and fitness in obese individuals. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 26(3), 197-204.
- McGuire, K. A., & Ross, R. (2008). The revision of the measurement of waist circumference in the CPAFLA. *Retrieved*, 5(03), 2012.
- McMurray, R. G., Forsythe, W. A., Mar, M. H., & Hardy, C. J. (1987). Exercise intensity-related responses of beta-endorphin and catecholamines. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(6), 570-574.
- McVeigh, G. E., Bratteli, C. W., Morgan, D. J., Alinder, C. M., Glasser, S. P., Finkelstein, S. M., & Cohn, J. N. (1999). Age-related abnormalities in arterial compliance identified by pressure pulse contour analysis: aging and arterial compliance. *Hypertension*, 33(6), 1392-1398.

- Meneilly, G. S., Knip, A., Miller, D. B., Sherifali, D., Tessier, D., Zahedi, A., & Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert Committee. (2018). Diabetes in Older People. *Canadian Journal of Diabetes*, 42, S283-S295.
- Milanović, Z., Pantelić, S., Trajković, N., Sporiš, G., Kostić, R., & James, N. (2013). Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clinical interventions in aging*, 8, 549.
- Milanović, Z., Sporiš, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO 2max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports medicine*, 45(10), 1469-1481.
- Mitranun, W., Deerochanawong, C., Tanaka, H., & Suksom, D. (2014). Continuous vs interval training on glycemic control and macro-and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(2).
- Molitch, M. E., DeFronzo, R. A., Franz, M. J., Keane, W. F., Mogensen, C. E., Parving, H. H., & Steffes, M. W. (2002). Diabetic nephropathy. *Diabetes care*, 27(S1):S79-S83.
- Najjar, S. S., Scuteri, A., & Lakatta, E. G. (2005). Arterial aging: is it an immutable cardiovascular risk factor?. *Hypertension*, 46(3), 454-462.
- Nagai, Y., Metter, E. J., Earley, C. J., Kemper, M. K., Becker, L. C., Lakatta, E. G., & Fleg, J. L. (1998). Increased carotid artery intimal-medial thickness in asymptomatic older subjects with exercise-induced myocardial ischemia. *Circulation*, 98(15), 1504-1509.
- Nielsen, P. J., Hafsdahl, A. R., Conn, V. S., LeMaster, J. W., & Brown, S. A. (2006). Meta-analysis of the effect of exercise interventions on fitness outcomes among adults with type 1 and type 2 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*, 74(2), 111-120.
- Nilsson, P. M., Theobald, H., Journath, G., & Fritz, T. (2004). Gender differences in risk factor control and treatment profile in diabetes: a study in 229 Swedish primary health care centres. *Scandinavian journal of primary health care*, 22(1), 27-31.
- Niwano, Y., Adachi, T., Kashimura, J., Sakata, T., Sasaki, H., Sekine, K., ... & Kimura, S. (2009). Is glycemic index of food a feasible predictor of appetite, hunger, and satiety?. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 55(3), 201-207.
- Pastors, J. G., Warshaw, H., Daly, A., Franz, M., & Kulkarni, K. (2002). The evidence for the effectiveness of medical nutrition therapy in diabetes management. *Diabetes care*, 25(3), 608-613.

- Perseghin, G., Price, T. B., Petersen, K. F., Roden, M., Cline, G. W., Gerow, K., ... & Shulman, G. I. (1996). Increased glucose transport–phosphorylation and muscle glycogen synthesis after exercise training in insulin-resistant subjects. *New England Journal of Medicine*, 335(18), 1357-1362.
- Phelain, J. F., Reinke, E., Harris, M. A., & Melby, C. L. (1997). Postexercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity. *Journal of the American College of Nutrition*, 16(2), 140-146.
- Pi-Sunyer, F. X., Maggio, C. A., McCarron, D. A., Reusser, M. E., Stern, J. S., Haynes, R. B., ... & Morris, C. D. (1999). Multicenter randomized trial of a comprehensive prepared meal program in type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 22(2), 191-197.
- Public Health Agency of Canada. (2011). Diabetes in Canada: Facts and figures from a public health perspective. Ottawa, Ont.: Public Health Agency of Canada. Retrieved from <https://www.canada.ca/en/public-health/services/chronic-diseases/reports-publications/diabetes/diabetes-canada-facts-figures-a-public-health-perspective.html>
- Riccardi, G., Rivellese, A. A., & Giacco, R. (2008). Role of glycemic index and glycemic load in the healthy state, in prediabetes, and in diabetes—. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(1), 269S-274S.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Senior fitness test manual. Human kinetics.
- Rosella, L. C., Lebenbaum, M., Fitzpatrick, T., Zuk, A., & Booth, G. L. (2015). Prevalence of prediabetes and undiagnosed diabetes in Canada (2007–2011) according to fasting plasma glucose and HbA1c screening criteria. *Diabetes Care*, 38(7), 1299-1305.
- Rosholm, J. U., Bjerrum, L., Hallas, J., Worm, J., & Gram, L. F. (1998). Polypharmacy and the risk of drug-drug interactions among Danish elderly. A prescription database study. *Danish medical bulletin*, 45(2), 210-213.
- Ross, L. M., Porter, R. R., & Durstine, J. L. (2016). High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases. *Journal of Sport and Health Science*, 5(2), 139-144.
- Rubin, R. R., & Peyrot, M. (1999). Quality of life and diabetes. *Diabetes/metabolism research and reviews*, 15(3), 205-218.
- Ruffino, J. S., Songsorn, P., Haggett, M., Edmonds, D., Robinson, A. M., Thompson, D., & Volvaard, N. B. (2016). A comparison of the health benefits of reduced-exertion high-intensity interval training (REHIT) and moderate-intensity walking in type 2 diabetes patients. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 42(2), 202-208.

- Rye, J. A., Rye, S. L., Tessaro, I., & Coffindaffer, J. (2009). Perceived barriers to physical activity according to stage of change and body mass index in the West Virginia Wisewoman population. *Women's Health Issues, 19*(2), 126-134.
- Satirapoj, B. (2013). Nephropathy in diabetes. In *Diabetes* (pp. 107-122). Springer New York.
- Sawada, S. S., Lee, I. M., Muto, T., Matuszaki, K., & Blair, S. N. (2003). Cardiorespiratory fitness and the incidence of type 2 diabetes: prospective study of Japanese men. *Diabetes Care, 26*(10), 2918-2922.
- Schaun, G. Z., Alberton, C. L., Ribeiro, D. O., & Pinto, S. S. (2017). Acute effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training sessions on cardiorespiratory parameters in healthy young men. *European journal of applied physiology, 117*(7), 1437-1444.
- Shalev, V., Chodick, G., Heymann, A. D., & Kokia, E. (2005). Gender differences in healthcare utilization and medical indicators among patients with diabetes. *Public Health, 119*(1), 45-49.
- Sievenpiper, J. L., Chan, C. B., Dworatzek, P. D., Freeze, C., Williams, S. L., & Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert Committee. (2018). Nutrition Therapy. *Canadian journal of diabetes, 42*, S64-S79.
- Sigal, R. J., Armstrong, M. J., Bacon, S. L., Boulé, N. G., Dasgupta, K., Kenny, G. P., & Riddell, M. C. (2018). Physical Activity and Diabetes. *Canadian journal of diabetes, 42*, S54-S63.
- Snowling, N. J., & Hopkins, W. G. (2006). Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes care, 29*(11), 2518-2527.
- Son, J. I., Rhee, S. Y., Woo, J. T., Hwang, J. K., Chin, S. O., Chon, S., ... & Kim, Y. S. (2013). Hemoglobin a1c may be an inadequate diagnostic tool for diabetes mellitus in anemic subjects. *Diabetes & metabolism journal, 37*(5), 343-348.
- Statistics Canada. CANSIM, table 105-0501 and Catalogue no. 82-221-X. Last modified: 2016-03-07.
- Statistique Canada. Tableau 13-10-0394-01 Les principales causes de décès, population totale, selon le groupe d'âge. Last modified : 2018-11-21.
- Statistique Canada. Health Fact Sheets; Directly measured physical activity of adults, 2012 and 2013. Version mise à jour le 27 novembre 2015, <https://www.statcan.gc.ca/pub/82-625-x/2015001/article/14135-eng.htm>.

- Støa, E. M., Meling, S., Nyhus, L. K., Strømstad, G., Mangerud, K. M., Helgerud, J., ... & Støren, Ø. (2017). High-intensity aerobic interval training improves aerobic fitness and HbA1c among persons diagnosed with type 2 diabetes. *European journal of applied physiology*, 117(3), 455-467.
- Stone, J. A., Houlden, R. L., Lin, P., Udell, J. A., Verma, S., & Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert Committee. (2018). Cardiovascular Protection in People With Diabetes. *Canadian journal of diabetes*, 42, S162-S169.
- Stutts, W. C. (2002). Physical activity determinants in adults: perceived benefits, barriers, and self efficacy. *Aaohn Journal*, 50(11), 499-507.
- Suh, S. R., & Kim, Y. M. (2018). Factors associated with physical activity of women aged over 75 in South Korea. *Journal of exercise rehabilitation*, 14(3), 387.
- Taekema, D. G., Gussekloo, J., Maier, A. B., Westendorp, R. G., & de Craen, A. J. (2010). Handgrip strength as a predictor of functional, psychological and social health. A prospective population-based study among the oldest old. *Age and ageing*, 39(3), 331-337.
- Tanaka, Y., Atsumi, Y., Matsuoka, K., Onuma, T., Tohjima, T., & Kawamori, R. (1998). Role of glycemic control and blood pressure in the development and progression of nephropathy in elderly Japanese NIDDM patients. *Diabetes Care*, 21(1), 116-120.
- Terada, T., Friesen, A., Chahal, B. S., Bell, G. J., McCargar, L. J., & Boulé, N. G. (2013). Feasibility and preliminary efficacy of high intensity interval training in type 2 diabetes. *Diabetes research and Clinical practice*, 99(2), 120-129.
- Terada T., Wilson B.J., Myette-Côté, E. et al. (2016). Targeting specific interstitial glycemic parameters with high-intensity interval exercise and fasted-state exercise in type 2 diabetes. *Metabolism* 65, 599–608
- Thomas, D., Elliott, E. J., & Baur, L. (2007). Low glycaemic index or low glycaemic load diets for overweight and obesity. *The Cochrane Library*, 18(3), CD005105
- Thomas, D. E., & Elliott, E. J. (2010). The use of low-glycaemic index diets in diabetes control. *British journal of nutrition*, 104(6), 797-802.
- Thomason, M. J., Biddulph, J. P., Cull, C. A., & Holman, R. R. (2005). Reporting of diabetes on death certificates using data from the UK Prospective Diabetes Study. *Diabetic medicine*, 22(8), 1031-1036.
- Tjonna, A. E., Lee, S. J., Rognmo, O., & Tomas, O. (2008). Aerobic Interval Training Versus Continuous Moderate Exercise as a Treatment for the Metabolic Syndrome: a Pilot Study. *Circulation*, 118(4), 346-54.

- Tremblay, A., Simoneau, J. A., & Bouchard, C. (1994). Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism*, 43(7), 814-818.
- Trost, S. G., Owen, N., Bauman, A. E., Sallis, J. F., & Brown, W. (2002). Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(12), 1996-2001.
- Ulbrich, A. Z., Angarten, V. G., Netto, A. S., Sties, S. W., Bündchen, D. C., de Mara, L. S., ... & de Carvalho, T. (2016). Comparative effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on quality of life in patients with heart failure: study protocol for a randomized controlled trial. *Clinical Trials and Regulatory Science in Cardiology*, 13, 21-28.
- Umpierre, D., Ribeiro, P. A., Kramer, C. K., Leitão, C. B., Zucatti, A. T., Azevedo, M. J., ... & Schaan, B. D. (2011). Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 305(17), 1790-1799.
- Van Bortel, L. M., & Spek, J. J. (1998). Influence of aging on arterial compliance.
- Wallman, K., Plant, L. A., Rakimov, B., & Maiorana, A. J. (2009). The effects of two modes of exercise on aerobic fitness and fat mass in an overweight population. *Research in Sports Medicine*, 17(3), 156-170.
- Wändell, P. E., Brorsson, B., & Åberg, H. (1997). Quality of life in diabetic patients registered with primary health care services in Sweden. *Scandinavian journal of primary health care*, 15(2), 97-102.
- Warren, J. M., Henry, C. J. K., & Simonite, V. (2003). Low glycemic index breakfasts and reduced food intake in preadolescent children. *Pediatrics*, 112(5), e414-e414.
- Washburn, R. A., & Ficker, J. L. (1999). Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): the relationship with activity measured by a portable accelerometer. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 39(4), 336.
- Wei, M., Gibbons, L. W., Mitchell, T. L., Kampert, J. B., Lee, C. D., & Blair, S. N. (1999). The association between cardiorespiratory fitness and impaired fasting glucose and type 2 diabetes mellitus in men. *Annals of internal medicine*, 130(2), 89-96.
- Wei, M., Kampert, J. B., Barlow, C. E., Nichaman, M. Z., Gibbons, L. W., Paffenbarger Jr, R. S., & Blair, S. N. (1999). Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA*, 282(16), 1547-1553.
- Weineck, J. (1994). Manuel d'entraînement (3^e éd.). Paris: Vigot.

- Wewege, M., van den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 18(6), 635-646.
- Wexler, D. J., Grant, R. W., Meigs, J. B., Nathan, D. M., & Cagliero, E. (2005). Sex disparities in treatment of cardiac risk factors in patients with type 2 diabetes. *Diabetes care*, 28(3), 514-520.
- Wexler, D. J., Grant, R. W., Wittenberg, E., Bosch, J. L., Cagliero, E., Delahanty, L., ... & Meigs, J. B. (2006). Correlates of health-related quality of life in type 2 diabetes. *Diabetologia*, 49(7), 1489-1497.
- Winding, K. M., Munch, G. W., Iepsen, U. W., Van Hall, G., Pedersen, B. K., & Mortensen, S. P. (2018). The effect on glycaemic control of low-volume high-intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 20(5), 1131-1139.
- Wing, R. R., Goldstein, M. G., Acton, K. J., Birch, L. L., Jakicic, J. M., Sallis, J. F., ... & Surwit, R. S. (2001). Behavioral science research in diabetes: lifestyle changes related to obesity, eating behavior, and physical activity. *Diabetes care*, 24(1), 117-123.
- Wing, R. R., & Hill, J. O. (2001). Successful weight loss maintenance. *Annual review of nutrition*, 21(1), 323-341.
- Wise, R. A., & Brown, C. D. (2005). Minimal clinically important differences in the six-minute walk test and the incremental shuttle walking test. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 2(1), 125-129.
- Wolever, T. M., Gibbs, A. L., Mehling, C., Chiasson, J. L., Connelly, P. W., Josse, R. G., ... & Ryan, E. A. (2008). The Canadian Trial of Carbohydrates in Diabetes (CCD), a 1-y controlled trial of low-glycemic-index dietary carbohydrate in type 2 diabetes: no effect on glycated hemoglobin but reduction in C-reactive protein-. *The American journal of clinical nutrition*, 87(1), 114-125.
- World Health Organization. (2016). Global report on diabetes: World Health Organization.
- Wormgoor, S. G., Dalleck, L., Zinn, C., Borotkanics, R., & Harris, N. (2018). High-intensity Interval Training is Equivalent to Moderate-intensity Continuous Training for Short-and Medium-term Outcomes of Macro-and Microvascular Complication Markers in Men with Type 2 Diabetes. *Frontiers in endocrinology*, 9, 475.

- Wormgoor, S. G., Dalleck, L. C., Zinn, C., & Harris, N. K. (2017). Effects of High-Intensity Interval Training on People Living with Type 2 Diabetes: A Narrative Review. *Canadian Journal of Diabetes*, 41(5), 536-547.
- Zinman, B., Zuniga-Guajardo, S., & Kelly, D. (1984). Comparison of the acute and long-term effects of exercise on glucose control in type I diabetes. *Diabetes Care*, 7(6), 515-519.
- Zouhal, H., Jacob, C., Delamarche, P., & Gratas-Delamarche, A. (2008). Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. *Sports medicine*, 38(5), 401-423.

ANNEXE 1 : Protocole d'entraînement HIIT

Tableau 7. Protocole d'entraînement HIIT

Lundi	Bloc	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
	Échauffement	40%	55%	55%	55% / 70%	55% / 70%
	Int 1	60% / 40%	60% / 40%	60% / 45%	75% / 45%	90% / 45%
	Int 2	60% / 40%	75% / 40%	75% / 45%	90% / 45%	90% / 45%
	Int 3	60% / 40%	60% / 40%	60% / 45%	75% / 45%	90% / 45%
	RÉCUPÉRATION ACTIVE 2 MINUTES @ 40-45% FC réserve					
	Int 4	60% / 40%	60% / 40%	60% / 40%	75% / 45%	90% / 45%
	Int 5	60% / 40%	75% / 40%	75% / 40%	90% / 45%	90% / 45%
	Int 6	60% / 40%	60% / 40%	60% / 40%	75% / 45%	90% / 45%
	Fin	40%	40%	40%	40%	40%

Mercredi	Bloc	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
	Échauffement	40%	55%	55%	55% / 70%	55% / 70%
	Int 1	60% / 40%	60% / 40%	60% / 45%	75% / 45%	90% / 45%
	Int 2	60% / 40%	75% / 40%	75% / 45%	90% / 45%	90% / 45%
	Int 3	60% / 40%	60% / 40%	60% / 45%	75% / 45%	90% / 45%
	RÉCUPÉRATION ACTIVE 2 MINUTES @ 40-45% FC réserve					
	Int 4	60% / 40%	60% / 40%	60% / 45%	75% / 45%	90% / 45%
	Int 5	60% / 40%	75% / 40%	75% / 45%	90% / 45%	90% / 45%
	Int 6	60% / 40%	60% / 40%	60% / 45%	75% / 45%	90% / 45%
	Fin	40%	40%	40%	40%	40%

Vendredi	Bloc	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
	Échauffement	40%	55%	55%	55% / 70%	55% / 70%
	Int 1	60% / 40%	60% / 45%	75% / 45%	75% / 45%	90% / 45%
	Int 2	60% / 40%	75% / 45%	75% / 45%	90% / 45%	90% / 45%
	Int 3	60% / 40%	60% / 45%	75% / 45%	75% / 45%	90% / 45%
	RÉCUPÉRATION ACTIVE 2 MINUTES @ 40-45% FC réserve					
	Int 4	60% / 40%	60% / 45%	60% / 45%	75% / 45%	90% / 45%
	Int 5	60% / 40%	75% / 45%	75% / 45%	90% / 45%	90% / 45%
	Int 6	60% / 40%	60% / 45%	60% / 45%	75% / 45%	90% / 45%
	Fin	40%	40%	40%	40%	40%

Le tableau 7 présente la progression du HIIT de la semaine 1 à 4. Les valeurs sont indiquées en % de la fréquence cardiaque de réserve (FCR). La semaine 5 est représentative des entraînements exécutés durant le reste du programme, soit de la semaine 5 à 12.

ANNEXE 2 : Ball State University/Bruce ramp

Tableau 8. Ball State University/Bruce ramp protocole

Étapes	Temps	Vitesse (km/h)	Pente (%)
1	0 :20	2,7	0,0
2	0 :40	2,7	1,5
3	1 :00	2,7	2,5
4	1 :20	2,7	3,5
5	1 :40	2,7	5
6	2 :00	2,7	6
7	2 :20	2,7	7,5
8	2 :40	2,7	8,5
9	3 :00	2,7	10
10	3 :20	2,8	10
11	3 :40	3,0	10
12	4 :00	3,2	10,5
13	4 :20	3,3	10,5
14	4 :40	3,5	11,0
15	5 :00	3,6	11,0
16	5 :20	3,8	11,0
17	5 :40	4,0	11,5
18	6 :00	4,0	12,0
19	6 :20	4,1	12,0
20	6 :40	4,3	12,5
21	7 :00	4,4	13,0
22	7 :20	4,6	13,0

Le tableau 8 présente le protocole Ball State University/Bruce ramp; peut durer sur un période de plus de 20 minutes pour un total de 64 étapes.

ANNEXE 3 : Outil aide mémoire de l'indice glycémique

Définitions

Glucides : sucres simples ou complexes contenus dans les aliments. Dans le corps, ils sont transformés en glucose (sucre simple) pour servir de source d'énergie.

Glycémie : taux de sucre (glucose) dans le sang.

L'**indice glycémique (IG)** permet de classer les aliments en fonction de leur influence sur la glycémie. Plus précisément, l'indice glycémique chiffre la vitesse à laquelle les glucides contenus dans un aliment sont digérés et disponibles sous forme de glucose dans le sang. Ainsi, plus vite la digestion des glucides d'un aliment s'effectue, plus la glycémie augmente rapidement; donc plus l'indice glycémique de cet aliment est élevé. De ce fait, lorsque les glucides se digèrent lentement, l'indice glycémique est faible, donc l'augmentation de la glycémie est moins prononcée et plus graduelle. C'est cela que l'on préconise. On regroupe les aliments en trois classes d'indice glycémique, soit :

- **faible (indice glycémique plus petit que 55):**
- moyen (indice glycémique entre 56 et 69);
- élevé (indice glycémique plus grand que 70).

Dans le cadre de cette étude, la consommation d'aliments à faible indice glycémique est visée.

Pourquoi l'utilisation de l'indice glycémique est-il un outil intéressant pour compléter le plan d'alimentation des personnes ayant un diabète?

Une diète riche en aliments à faible indice glycémique permettrait de mieux contrôler la glycémie ainsi que l'appétit, en comparaison à un régime riche en aliments à indice glycémique élevé. De telles habitudes alimentaires aideraient également à contrôler le taux de cholestérol sanguin ainsi qu'à réduire le risque de maladies du cœur.

Les aliments qui contiennent des glucides influencent tous la glycémie.

Bien que tous les groupes alimentaires contiennent des aliments riches en glucides, les aliments de deux des quatre groupes ont habituellement un indice glycémique nul ou faible. C'est le cas des viandes et de leurs substituts (légumineuses, œufs, noix et graines) ainsi que des aliments du groupe Lait et substituts (lait, yogourt, boisson de soya, fromage). Ces aliments peuvent donc faire partie intégrante d'un régime à faible indice glycémique.

Les indices glycémiques des légumes et des fruits sont variables. La majorité d'entre eux peut être consommée dans un régime à indice glycémique faible, surtout lorsque consommés *entiers, crus et frais, ou surgelés*. Cependant, certains légumes, parfois appelés féculents, ont un indice glycémique plus élevé. Par exemple, les pommes de terre (au four, en purée, frites, ...) et le maïs devraient être évités. De même, le melon d'eau, le cantaloup, l'ananas, la banane mûre, les raisins secs ainsi que certains légumes cuits (par ex. courges d'hiver, panais, navet et betterave) sont aussi à limiter. À noter, bien que l'indice glycémique des melons et des légumes racines énumérés dans la phrase précédente est élevé, considérant la faible quantité de glucides présents dans ceux-ci, en consommer une petite quantité occasionnellement devrait peu influencer la glycémie.

Le groupe Produits céréaliers est celui qui renferme le plus d'aliments ayant un indice glycémique élevé. Il s'agit donc du groupe à surveiller lorsque l'on adopte un régime à faible indice glycémique.

En général, les produits céréaliers transformés tels que les craquelins, les céréales à déjeuner (sauf de type All bran), les biscuits et les pâtisseries sont à éviter. Le tableau suivant propose des produits céréaliers à privilégier.

Produits céréaliers à indice glycémique faible

Pains : mélange à 100 % grains entiers (moulus sur meule) ou intégral, pumpernickel (seigle)
 Grains entiers : orge, sarrasin, riz étuvé ou brun, quinoa, boulgour, avoine (grau non instantané)
 Pâtes alimentaires : à grains entiers (par ex. spaghetti et fettuccini de blé entier cuit al dente)

Évidemment, les sucres concentrés tels que le sucre blanc, la mélasse, le miel et le sirop d'érable ont des IG plus élevés et doivent donc être évités. Dans cette optique, la consommation d'aliments transformés riches en sucre concentré, tel que les boissons gazeuses ou aux fruits, les barres de fruits, les desserts glacés et les sucreries, sont aussi à limiter.

Outre les caractéristiques individuelles, certains facteurs peuvent modifier, à la hausse ou à la baisse, l'indice glycémique d'un aliment :

- sa variété (ex. la forme des pâtes alimentaires; l'indice glycémique des linguines minces est plus élevé que celui des linguines larges).
- son degré de mûrissement : plus un fruit est mûr, plus son indice glycémique augmente (ex. l'indice glycémique d'une banane jaune sans tâches noires est plus faible que celui d'une banane avec plusieurs tâches noires).
- son niveau de transformation : plus l'aliment est solide ou que les particules sont grosses, plus l'indice glycémique diminue (ex. réduire un aliment en purée augmente son indice glycémique). L'ajout de citron ou de vinaigre peut diminuer l'indice glycémique.
- sa cuisson : cuire un aliment plus longtemps, à plus haute température et/ou dans l'eau augmente son indice glycémique.
- la quantité de gras, de protéines et de fibres alimentaires ingérée au même moment (ex. l'indice glycémique de deux tranches de pain blanc est plus élevé que celui d'un sandwich, pain à grains entiers et fromage).

Voici quelques conseils généraux pour un régime alimentaire équilibré à faible indice glycémique.

- Favorisez les aliments peu ou pas transformés.
- Préférez les aliments entiers et crus, et évitez de trop cuire les aliments.
- Embellissez vos repas avec des légumes, des fruits ainsi qu'une source de protéines telle qu'une portion du groupe Viandes et substituts et/ou du groupe Lait et substituts.
- Sélectionnez de préférence des produits céréaliers à grains entiers.
- Si vous cuisinez, parfois, avec un aliment à indice glycémique moyen-élevé, combinez-le à un ou des aliments ayant un indice glycémique faible pour balancer l'effet sur la glycémie.

Rappelez-vous, majoritairement, moins les aliments sont transformés, plus leur indice glycémique est faible. Alors, consommez et cuisinez des aliments de base.

Sites internet d'intérêts sur le sujet : Extenso.org, Diabetes.ca, Glycemicindex.com/foodSearch.php